

MARX

88



S. LILLEY

A TÖRTÉNELEM, AZ EMBER ÉS A GÉPEK

23



S. LILLEY

**A TÖRTÉNELEM,
AZ EMBER ÉS A GÉPEK**

SZIKRA KIADÁS BUDAPEST

Az angol eredeti címe :
MEN, MACHINES AND HISTORY

Megjelent Londonban, 1948-ban

FORDÍTOTTA
BENCZE LÁSZLÓ



KÖNYV ÉS EGYETEM
KÖZLEMÉNYKÖZLŐ

Össz. 88 *har*

Felelős kiadó: Aczél Tamás

I. AZ ELSŐ IPARI FORRADALOM

(Krisztus előtt 3000-ig)

A legrégebb emberek, akikről tudunk, már készítettek és használtak szerszámokat. Hiszen, amilyennek ismerjük az embert, aligha maradhatott volna fenn szerszámok nélkül. Túlságosan gyenge, piciny teremtés ahhoz, hogy pusztán kézzel és foggal megküzdhessen a természettel. Az első emberek nagyon különböztek a mi fajtánktól. Talán szerszámok nélkül is megéltek. De a mai ember kifejlődése csak úgy volt lehetséges, hogy ezek a primitívebb fajták megismerték a szerszámokat és megtanulták azok használatát. Testi erőben, gyorsaságban az idők folyamán sokat veszített az ember, de veszteségeért bőségesen kárpótolta agyvelejének, kezének és szemének fejlettsége. Ez képesítette arra, hogy szolgálatába állítsa a sok szerszámot és gépet, amelyek a világ urává tették.

Nincs itt helyünk arra, hogy a legrégebb szerszámhasználó emberrel foglalkozzunk. A késő paleolit-kor emberével kezdjük, aki már saját fajtánkbeli, s vadászatból és élelemgyűjtögetésből él. Már ezen a fokon is nagyon sok, változatos szerszámmal rendelkezik. Van pattantott kőből való fejszéje, kése, fűrészje, kádárkése, kaparója, azonkívül kalapácsa, árja és más lyukasztó, szűrő szerszáma, ele-

fántesontból való tüje, nyársa és szigonya. Sőt szerszámkészítő szerszámai is vannak. Két nagyon fontos gépet használ: íjat és dárdavetőt. Az előbbi az első gép, amelyben energia raktározódik el. Mikor az íjász megfeszíti a húrt, fokozatosan energiát ad át az íjnak, az ott felhalmozódik és készen áll arra, hogy a lövés pillanatában egyszerre váljék szabaddá. A dárdavető, az emberi kart meghosszabbító emelőnek egyik alkalmazása, növeli a dárda hatótávolságát.

Az átmeneti mezolitikus társadalmak, melyek a régi kőkorszakra következtek, még tovább haladtak. Nevezetesen megteremtették a halászóeszközöket és egész sor ácsszerszámot, ideértve a szeker-cét, a lapos és homorú vésőt; elsajátították a kalapács készítését és használatát; kivájt fatörzsből csónakot s hozzá evezőket csináltak és megtanulták a kezelésüket.

De történetünket tulajdonképpen csak a földművelés és a vele kapcsolatos sokrétű technikai tevékenység megindulásával kell elkezdenünk. Az emberiség történetében ez volt az első nagy ipari forradalom, a neolitikus forradalom, mely nem sokkal több, mint 7000 évvel ezelőtt ment végbe. Ezelőtt az ember csak összeszedte a táplálékot, melyet a természet az ő hozzájárulása nélkül hozott létre. Most megtanulta, hogyan lehet a természetet rábírni, hogy azt nyujtsa, amit ő, az ember kíván tőle. Az előző fejlődési fokok mind jelentékteleneknek látszanak e mellett az ugrászszerű haladás mellett. Az első ipari forradalom történetének csak azokat a vonásait akarjuk kihangsúlyozni, melyeknek közvetlen hatásuk volt a szerszámok és gépek itt következő történetére.

A földművelés céljaira különleges szerszámokat kellett az embernek kitalálnia: fából való kapát

a talaj fellazítására, kovakővel szegett, fából való sarlót a gabona learatására, cséphadarót a cséplésre, kézimalmot az őrlésre.¹ De a vadászó és gyűjtögető életmódról az új élet alapját képező földművelésre való teljes áttérés nem mehetett végbe egész sor, ezt az átalakulást támogató változás nélkül. Szerszámokra volt szükség, hogy a fakapát és fasarlót kifaraghassák. Néha irtást kellett végezni a vetésre szánt területen. Ilyen és hasonló célokra a neolit-kor embere tökéletesítette az ebben az időben megjelent eszközöket. Elődeinek durva hasított kőeszközei helyett köszörült és csiszolt követ használt. Feltalálta a fűrőgépet, melynél a fűrőt a köréje tekert húr forgatta sebesen, olymódon, hogy a húr egy íjhoz hasonló eszköz két végéhez volt kötve, melyet előre és hátra mozgattak. A gabonaneműeket tárolni kellett és új sütési módokra is szükség volt. A vadat, melyet a vadász elejtett, nyílt tűz felett nyáron sütötték, de a gabonafélék lassú, enyhébb sütést kívántak, s ehhez valami edény kellett. A problémát a neolit-kor embere fazék-készítéssel oldotta meg.

A paleolit-ember ruházatát az elejtett állatok bőre szolgáltatta. A szántóvető embernek valami pótlásról kellett gondoskodnia és azt meg is találta a textiliákban. Hogy azonban a szálak anyagokkal el tudjon bánni, két új gépre volt szüksége, fonógépre és szövőszékre. Az első fonógépek nagyon egyszerűek voltak. Rövid botból állottak, melynek egyik végén a szál odaerősítésére kampó vagy bevágás volt, másik végén pedig kőből vagy cserépből való lendítőkerék a folyamatos forgás biztosítására. Guzsaly vagy villás bot tartotta a még fel nem font szálakat. Az orsót megpergették és míg forgott a levegőben, a gépkezelő a guzsalyról új

szálakat juttatott a fonál végére, ahol azok fonállá pödrődtek. Mai szemmel nézve egyszerű gépezet ez, de hallatlanul bonyolult, ha bármelyik előbbi géppel hasonlítjuk össze. A fonási eljárásban egészen a középkorig nem is történt semmi lényeges javítás.

A szövőszék még legegyszerűbb formájában is bonyolult készülék. Egy keretre fonalak vannak kifeszítve, „felvetve“, s a takács ujjaival a vetélt felváltva a fonalak alatt és felett löki el. A szövőszék nem maradt sokáig ebben az egyszerű formájában. Hamarosan tökéletesítették, az egymásmellett futó fonalakat nyüsstel választották el és más javításokat is eszközöltek.

A textilgépeket nehéz leírni, és őstörténetük gyakran homályba vész. Ezért csak nagyon általánosan tárgyaljuk őket egészen a középkorig.

Igy a neolit-korszaknak csaknem a kezdetétől fogva az ember hatalmasan megnövelte szerszámainak és gépeinek számát. De ezután még gyorsabb fejlődés következett. Az ember életmódjában bekövetkezett változás kedvezett a találmányoknak. Az ember nagyobb biztonságban volt, mint barmikor azelőtt. A szantóvető-munkát megszakító pihenési időszakokban jutott ideje találmányok kieszelésére. Az aránylag állandó ütemű élet, melyet a mezőgazdaság (legalább is fejlettebb stádiumában) lehetővé tett, módot adott az embernek, hogy szerkeszsen, összegyűjtsön és használjon eszközöket, melyekben a vadász csak haszontalan lim-lomot látott volna. Végül rájött az ember arra, hogy a természetet irányítani lehet saját hasznára. Így aztán önbizalma nagyobb lett és ez tolbátorította őt, hogy új módszereket próbáljon ki, melyekkel a természetén még könnyebben uralkodhatik.

A körülmények különösen kedvezők voltak Mezopotámiában és a Nilus és Indus folyók völgyeiben. Ezeken a helyeken a folyók szabályos időközökben történő áradása, melyet csakhamar öntözőművekkel hasznosítottak, öntözte a földeket és minden évben új iszapréteget terített rájuk, ami meggátolta a talaj kimerülését. Ezekben az országokban a Kr. e. 3000-et megelőző pár évezredben igen sok találmány látott napvilágot. Az ember megtanulta, hogyan kell megolvasztani és használni a fémeket, felszerszámozni az állatokat. Kitalálta az e^l-ét, a kerekeken gördülő szekeret és a vitorlahajót. Ezek és sok ehhez hasonló találmány nagy szociális változásokat alapozott meg. Később még beszélünk ezekről.

Vörösréz és vas néha természetes fémes állapotban található, és az ember már korán felhasználta egyre s másra. De csak valami magasabbrendű „kőfajtának“ tekintették, olyan „kőnek“, amely kevésbbé törékeny, mint az, amelyből szerszámait készítette. Azonkívül kalapálással lehetett formázni és nem kellett pattintgatni vagy csiszolni, mint a közönséges köveket. Igazán nagy lépést azonban csak az jelentett, mikor az ember két nagy felfedezésre bukkant. Rájött arra, hogy ha bizonyos kőfajtákat szénnel hevít, vörösréz keletkezik. Azután arra is rájött, hogy a rezet megfelelő keménységben meg lehet olvasztani, a folyékony fémot formába önteni, ahol megszilárdul és felveszi a forma alakját. Egyszerűen megtanulta a kohászatot és a fémöntést. Ezek a felfedezések valószínűleg Mezopotámia közelében, Kr. e. 4000 körül történtek. Fémeknek ércekből való kiolvasztása fontos lépés volt, mert tiszta fémek a természetben olyan kis mennyiségben fordulnak elő, hogy felhasználásuk

nem lehetett mélyebb hatással az ember életére. Öntés nélkül pedig a réz legértékesebb és legfontosabb tulajdonságai nem lettek volna kihasználhatók.

Voltak ugyan itt-ott „gyáarak“ kőszerszámok előállítására, általában azonban ezeket mindenki maga is megcsinálhatta, amikor szüksége volt rájuk. Máskép állt a dolog a fémekkel. Feldolgozásukhoz a termelésnek kiválóan megszervezett rendszerére volt szükség. A kőfejtés (és később a földalatti bányászás) egész sereg technikai fogást kívánt, hogy el tudjanak bánni a kemény sziklával. Ilyen fogás volt például, hogy tüzet raktak a szikla mellett, aztán a forró felületre vizet öntöttek, hogy azt megrepesszék; vagy pedig a repedésekbe faéket vertek, melyet aztán vízzel locsoltak, úgyhogy megdagadt és szétfeszítette a sziklákat.

Az ércet aztán meg kellett olvasztani. Ehhez kemencékre volt szükség, melyekben nagyon magas hőmérsékletet kellett elérni, s ez csak valamiféle légáramlat segítségével volt lehetséges. Ennek előállítására fűjtató lett volna a legalkalmasabb, de ezt csak Kr. e. 3000 körül fedezték föl. A régebbi fémműveseknek tehát fűvócsöveket kellett használniok, vagy alagútakat, amelyeket úgy fűrtak, hogy azokban az azon a vidéken uralkodó szeleket felfogják.

A kovácsnak aztán a nyers réztömböt hasznos szerszámokká vagy fegyverekké kellett változtatnia. Az első eljárás az öntés volt. Ez, mint a fém kiolvasztása is, magas hőmérsékletű kemencét kívánt, azonkívül tégelyeket, amelyekben a fémot folyékony állapotba hozzák. Homok-, agyag- vagy cserépformákra is szükség volt, amelyekbe az ol-

vasztott fém belefolyt és eljárásokat kellett ki-
 eszelni ezeknek a formáknak a készítésére. Mert
 ha az öntvény nem a lehető legegyszerűbb, a for-
 mát két vagy három darabból kell elkészíteni, cze-
 ket aztán egymáshoz illesztik, hogy a forma a
 folyékony fémét befogadhassa. Az öntés után a
 szerszámot még meg kell munkálni, kalapálással
 alakítani, reszelőkkel simítani, kövön élesre kö-
 szörülni és így tovább.

Láthatjuk tehát, hogy a réz gyakorlati fel-
 használásához sok egyéb találmányra is szükség
 volt és a sok munkához speciális mesteremberekre,
 akiket, mivel élelmiszert nem termeltek, a közös-
 ségnek kellett élelmezni.

Hogyan fedezték fel a fémek kiolvasztását,
 nem tudjuk. Egyesek úgy vélik, hogy valaki talán
 véletlenül egy darab malachitot ejtett parázsló
 szénnel tele serpenyőbe és megfigyelte, hogy
 néhány rézszemcse fut le a fenekére. Lehet, hogy
 többször is felfedezték ezt, és mindannyiszor, mint
 haszontalan dolgot, elfelejtették. Mert ne felejtsük
 el, hogy egy találmány hasznossága a társadalom
 struktúrájától függ. A réz felhasználásához, amint
 láttuk, külön bányászokra és kovácsokra van
 szükség, akiknek egész idejét munkájuk veszi
 igénybe, s akiket ezért abból a többletből kellett
 élelmezni és ruházni, amelyet a közösség többi
 tagja termelt. Míg a technika nem érte el e többlet
 kitermeléséhez szükséges magasabb színvonalat,
 lehetetlen volt ellátni ezeket a munkásokat, s ezért
 a fémek használata sem volt lehetséges. Így aztán,
 ha valamelyik korai neolitikus társadalomban vé-
 letlenül fel is fedezték a réz kiolvasztását, a felfe-
 dezést, mint haszontalan dolgot, félredobták és
 hamarosan el is feledték. A neolit-korszak techni-

kájának fokozatos fejlődésével azonban végül el érkezett az idő, mikor a közösség el tudta már tartani a speciális munkásokat, akik nem termeltek élelmet. Ekkor a réz előállításának újabb, véletlen felfedezése, mint hasznos vívmány, az idevágó technika gyors fejlődését vonta maga után.

Ne higgyük azonban, hogy csupán bányászokra és kohászokra volt szükség ahhoz, hogy a fémeket a társadalom szolgálatába állítsák. Rézércet nem lehetett találni azokban az országokban, melyeknek mezőgazdái elég magas fokon álltak, hogy eltartsák a munkásokat és felhasználják azok produktumait. Az ércet vagy a rezet nagy távolságból kellett odaszállítani. Ehhez kereskedőkre és szállítómunkásokra volt szükség. A korai neolitikus közösségek többé-kevésbé önellátók voltak, a kereskedelem néhány fényűzési cikke, dísztárgyra és amulettre korlátozódott. De amint a társadalmak a közvetlen szükségleten felül felesleget is tudtak termelni, törekvésük egyre jobban arra irányult, hogy ezeket a fölöslegeket olyan termékekre cseréljék ki, melyeket csak messziről kaphattak. Ezek közt a legfontosabbak a réz és a rézércek voltak. Ugyanebben az időben a falvak városokká kezdtek növekedni, ahol mesteremberek, kovácsok és ácsok telepedtek le, később pedig teljességgel improduktív osztályok, papok, királyok, nemesek. Mindezeket az embereket élelemmel és más, az élethez nélkülözhetetlen dolgokkal kellett ellátni, melyeket a környező vidékről hoztak be. Így aztán a szállítóipar megnövekedett és ahogy növekedett, jobb szállítási módszerek fejlődtek ki.

A kalapácsot, amint láttuk, a mezolitikus korszakban találták ki. A szántóvető népek rendkívül

sok mindenre felhasználták. A kerekcs kocsira talán úgy jöttek rá, hogy előbb munkájuk megkönnyítésére a nehéz terheket fatörzseken görgették. A földművelés és a fémkohászat mellett a kerekcs volt talán a legfontosabb dolog, amit az ember valaha kitalált. Kerekcs járműveket a szumirok országában már Kr. e. 3500-ban használták. Észak-Szíriában pedig talán még korábban. Kr. előtt 3000-ben Mezopotámiában, Elamban (a mai Perzsia) és Szíriában általánosan el voltak terjedve. Az Indus vidékén Kr. előtt 2500-ban kezdték használni, Egyiptomban azonban még hosszú ideig ismeretlenek voltak.

A kerekcs kocsi korántsem jelentett volna olyan nagy haladást, ha nem járult volna hozzá egy másik találmány: az állatok felszerszámozása. Ez részben a szállítás térfoglalásával van kapcsolatban, amiről most beszélünk, részben e korszak egy másik nagy találmányával, az ekevel. Az eke óriási tökéletesedést jelentett a kapával szemben, amellyel azelőtt lazították a földet. Ezután csakhamar szelében hosszában állatokat használtak fel a szántásra és a járművek vontatására.

Az állatok felszerszámozása az első példa arra, hogy az ember izomerején kívül más erőt is felhasznál munkája elvégzésére. Körülbelül ugyanekkor jött rá arra is, hogy az élettelen természet erőit szolgálatába állítsa; a szelet, hogy hajtsa vitorlášhajóit. Kevéssel Kr. e. 3500 után, Egyiptomban már használtak vitorlášhajót, és 3000-ben szabadon hajóztak a Földközi-tenger keleti medencéjében és valószínűleg az Arab-tengeren is. A viszonylagos kényelem és biztonság, melyben ma élünk, legnagyobb részben a nem-állati erők, szél, víz, szén és olaj felhasználásának köszönhető. Látjuk,

hogy itt Keleten történik az első lépés a civilizáció hajnala előtt, a mi modern energia-korszakunk felé.

A Kr. e. 3000 év előtti egy- vagy kétezer, találmányokban oly termékeny esztendő összes találmányainak leírása nagyon sok helyet venne igénybe. Csak még egyet akarunk megemlíteni, a fazekaskorongot, amely nemcsak, hogy kisebb fáradsággal sokkal jobb fazekasáru termelését tette lehetővé, hanem a fazekasságban az első gépesített ipart teremtette meg; az első lépést a mai gyáripari tömegtermelés irányában.

Hadd említsük meg végül, milyen szoros kapcsolatban állnak ezek a találmányok egymással. Fémek használata például nem lett volna lehetséges a szállítás tökéletesítése nélkül, hiszen az ércet vagy a fémet a bányától a fogyasztóhoz kellett juttatni, de a mezőgazdaság tökéletesítése nélkül sem, mert ennek hozama elegendő kellett, hogy legyen a fém-mel foglalkozó munkások eltartására, akiket foglalkozásuk elvont a mezőgazdasági termeléstől. Ezzel szemben a kerekes kocsi, az eke, a vitorlászajó vagy a fazekaskorong készítéséhez nyilván fejlett ácsmesterségre volt szükség. Nem is terjedhetek volna el ezek nagyobb mértékben, a gyártásukhoz szükséges fémszerszámok nélkül.

II. AZ ELSŐ CIVILIZÁCIÓK

(Kr. e. 3000-től 1100-ig)

A szerszámok és gépek készítése terén elért eredmények mellett, melyeket az előző fejezetben leírtunk, a technika más ágaiban is fontos fejlődés ment végbe. Mezopotámiában, Egyiptom folyóinak és az Indusnak völgyeiben például tervszerű öntözési rendszert fejlesztettek ki, ami hatalmasan növelte az ország termékenységet. Az ember minden foglalkozási ágban sokkal többet tudott termelni, mint azelőtt, mert jobb szerszámokkal és jobb módszerekkel dolgozott. A vadászó ősember vagy a korai neolit-korszak földművelője jó évszakokban még csak megvolt, de ha az idő rosszra fordult, a törzs egy része elégséges táplálék hiányában elpusztult. Most azonban már lehetővé vált, hogy a termelés nemcsak az elegendőt biztosítsa, hanem azon túl még egy kis felesleget is produkáljon, melyet az élet kényelmesebbé, fényűzőbbé tételére fordíthattak. A szociális fejlődés azonban nem követte azokat az egyszerű vonalakat, amelyek az egész népesség életszínvonalának állandó javulása felé mutatnak. Magának a technikának haladása is a fejlődés más formáját szabta meg.

A leírt gépeket és szerszámokat nem csekély fáradság árán tudták csak elkészíteni. Csak kevés,

a mezőgazdaságban kiválóan ügyes vagy szerencsés ember vagy család tudott időt szakítani ezek készítésére. Hasonlóképpen csak ezeknek állott módjukban termésük feleslegéből egy részt elcserélni valamelyik szerszámkészítővel tökéletesebb szerszámmért. Az egyszer megszerzett szerszám aztán tulajdonosának nagy előnyt jelentett. Az ekével való szántás termését még jobbra tette, ezért az idők folyamán még több felesleggel rendelkezett, s így még speciálisabb eszközöket tudott csere útján megszerezni. Különösen a réznél volt így, melyből alkalmasabb szerszámokat lehetett készíteni, mint kőből. Olyan formákba önthették, amilyeneket kőből nem lehetett előállítani. A rézeszközök sokkal tartósabbak voltak, mint a kőszerszámok; ha élük eltompult, könnyebben köszörülhették újra. Ha pedig a réz, mint szerszámok anyaga annyival különb, mint a kő, még sokkal inkább túltesz azon fegyverek tekintetében. Ha egy véső eltörik, ez legfeljebb késedelmet okoz a munkában, míg elkészül az új. De ha a csatában eltörik egy kard, az halált vagy fogságot jelent. Így aztán a rézből való fegyverek tulajdonosának óriási előnye volt a háborúban. Másrészt a réz sokkal drágább portéka, mint a kő. Abban az időszakban, amelyről beszélünk, csak kevesen szerezhették meg. A paraszt szerszámai még századokon át kőből és fából voltak.³

Ennek lassacskán az lett az eredménye, hogy a gazdagság kevesek kezében halmozódott fel. Aki már mérsékelt jómódban volt, rézből való eszközöket és egyéb tökéletesebb szerszámokat szerezhette be. Ezeknek birtokában ő maga (vagy családja, vagy később rabszolgái, vagy jobbágyai) többet és jobbat tudott termelni, mint mások és még több gazdagságot gyűjtött össze, ami ismét újabb

előnyt adott neki szomszédai fölött... és így tovább, hólabdaszerűen. Ha pedig valaki fegyveres erővel akart vagyonhoz jutni, vagy másokat dolgoztatni maga helyett, a rézből való fegyverek még nagyobb erőt jelentettek számára.

Ez és még sok más ugyanebben az irányban ható tényező teljes szociális forradalmat eredményezett. A paleolit-korszak vadászó és táplálékgyűjtögető emberei társadalmilag egyenlők voltak és úgynevezett „primitív kommunizmusban“ éltek.³ Vagyonuk az egész törzs tulajdona volt, és a törzs minden egyes tagjának jólétéért valamennyien felelősek voltak. Egyesek több személyes tulajdont (pl. dísztárgyakat) halmozhattak föl, mint mások, de rendszerint csekély volt közöttük a vagyoni különbség. A törzs gyűlésein hozták a határozatokat és válságos időkben esetleg főnököt választottak. A törzset ebben a kommunista társadalomban annak a szükségérzete tartotta össze, hogy a természet ellen való kemény küzdelemben töretlen arcvonallal álljanak meg. Belső vetélkedés e küzdelemben verebességet, halált jelentett. A földművelésre való átmenet gyengítette az effajta társadalom alapjait. A család ugyanis, amely a saját földjét művelte, önálló egységgé válhatott, s ezért a törzs mint egység kevésbé fontossá vált. A neolit-korszak társadalmi lényegileg még equalitáriánusok maradtak. Az ország közös tulajdon volt és a földeket évről-évre újra kiosztották a különböző családok között. Mindamellet lehetéssé vált, hogy egy ügyesebb vagy szerencsésebb család jobban boldogult, mint egy másik. Kezdetben ezek a különbségek nem voltak nagyok és nem is mutatkozott erősebb tendencia arra, hogy nagyobbodjanak.

De a réz és más találmányok felhasználása,

amint ezt az előző fejezet vége felé leírtuk, olyan helyzetet teremtett, hogy bárki, aki kevés feleslegre tett szert, ezzel eszközt talált magának ahhoz, hogy még több felesleget szerezzen. A közösség tagjai között létrejött gazdasági és hatalmi különbségek lépésről-lépésre nagyobbak lettek. Az emberek a rézfegyverek által nyújtott előnyt arra használták fel, hogy másokkal adót, vagy a föld után bért fizetessenek maguknak, vagy jobbágyaikká tegyék őket. Ha ily módon a helyi közösség uraivá váltak, embereikből hadseregeket szerveztek és sorban meghódították a környező területeket, míg nagy birodalmak nem keletkeztek.

A folyamat valószínűleg fokozatos volt. Az egyenlőtlenségek bizonyára lassan növekedtek, de Kr. e. 3000-ben a társadalom struktúrájának döntő változását idézték elő. A többé-kevésbbé egyenlő földművesek egyszerű közösségét államok váltották föl, amelyekben a lakosság igen nagy többsége gyakran mint rabszolga, vagy jobbágy, olyan színvonalon volt, hogy életét csak tengetni tudta, míg a munkájukkal létrehozott termelés összes feleslege arra szolgált, hogy a királyok, nemesek és papok kicsi osztálya fényűző életmódot folytathasson, és fenntartsa azokat a polgári intézményeket és hadseregeket, szóval azt a gépezetet, amely a tömegektől elszedte munkájuk gyümölcsét. Az osztályok elkülönülése vált a szociális társadalmi szerkezet alapjává.

Az elnyomott paraszt, jobbágy vagy rabszolga szempontjából hallatlan katasztrófának látszik ez. De az emberi fajnak, mint egésznek és különösen a ma élő s egy új, más, hasonló méretű átalakulás küszöbén álló emberiségnek szemszögéből nézve, a változás a fejlődés szükségszerű lépcsőfoka volt.

Egyes tényezők, melyek az új társadalmi szerkezetből nőttek ki, a fejlődést ugyan évszázadokon át visszatartották, de a technikai újítások, amelyeknek be kellett következniök, hogy az előbbi fejezetben leírt folyamatot előbbre vigyék, lehetetlenek lettek volna a szervezet új formája nélkül, melyet a társadalom osztálytagozódása teremtett meg. Ez pedig pusztán abból eredt, hogy a rézeszközök előállítása költséges volt. Ha a feleslegből, melyet a neolit kor társadalma a puszta életfenntartáshoz szükséges javakon felül termelt, a falu minden lakosa egyenlően részesült volna, akkor kevés családnak lett volna elegendő feleslege, amelyért a kovácstól akárcsak egyetlen szerszámot kapott volna cserébe. De azáltal, hogy a gazdagság, a sokak rovására, a kevesek kezében összpontosult, lehetővé vált, hogy ez utóbbiak élelmiszer- vagy egyéb feleslegüket a kováccsal (vagy a bányásszal vagy más szakmunkással) szerszámokra cseréljék. Egyik-másik technikai újításhoz, melyet könyvünkben még leírunk, sokkal nagyobb számú mesteremberre vagy pedig nagy munkaerők megszervezésére volt szükség. Ezeket pedig a nélkülözhetetlen javak direkt termelésétől kellett elvonni. Az újítások bevezetése nem is volt másképp lehetséges, csak úgy, hogy néhány egyén elég gazdag volt (vagy ami ezzel egyre megy, elég hatalma volt, hogy maga helyett másokat dolgoztasson), hogy a nagyszámú szakembert eltartsa.

Ilyenformán a Kr. e. 3000-et megelőző évezredek sok technikai újítása nemcsak előidézője volt a társadalmi változásoknak, hanem valószínűleg függött is azoktól. Hiszen az osztályokra való tagozódás fokozatos kifejlődésével együtt járt a vagyonok felhalmozódása, ami viszont feltétele volt

az újítások felhasználásának. S valóban, miután röviddel a Kr. e. 3000-ik esztendő előtt Egyiptomban, Mezopotámiában és az Indus völgyében a nagy osztályokra tagolt államok megszilárdultak, több évszázadon át a technika különböző ágainak nagy virágzása következett. Ez az idő nem volt olyan gyökeres újítások korszaka, mint amilyeneket az előbbi fejezetben leírtunk. Az emberek inkább csak továbbfejlesztették az elért vívmányokat, használatukban nagyobb ügyességre tettek szert és hatalmasan megnövelték alkalmazási területüket.

Azonban mégis volt fontos találmány. Kr. e. 3000 körül, vagy talán az ezután következő században, Mezopotámiában és környékén a fémmegmunkálással kapcsolatban több fontos újítás történt. A csipeszeket fogókká nagyobbították (a két ágot azonban még nem csuklósan kapcsolták össze, csak a fém rugalmassága tartotta őket össze), melyekkel a kovács a kisebb izzó fémdarabokat könnyebben meg tudta fogni. De nagy tárgyakat és fémmel töltött tégelyeket még mindig két kő vagy nyers ágak között kellett felemelniök. Fűjtatók bevezetésével tökéletesítették a kohászati eljárásokat. Rájöttek a „cire perdu“ néven ismert rendkívül szellemes öntési eljárásra. Ez a következőképpen történik: viaszmintát készítenek a kívánt alakra, agyaggal vonják be és kemencébe teszik. A viasz megolvad, elfolyik (innét az eljárás neve, ami magyarul „kárbament viaszt“ jelent), az agyag keményre ég és ez képezi az öntőformát. A folyékony fémet belecsorgatják a formába, s miután lehűlt, az agyagot letördelik róla. Valamennyi közül a legfontosabb kohászati újítás ebben a korban a bronz bevezetése. A bronz a

réznek és az ónnak ötvözete, tulajdonságai gyökeres javulást jelentenek a rézzel szemben. A belőle készült eszközök keményebbek, tartósabbak. Alkalmas valóban finom öntvények készítésére, ami ötvözetlen rézzel lehetetlen lett volna. Több mint egy évezrednek kellett eltelnie, míg ezek az új eljárások Egyiptomig elterjedtek.

Egyiptom és Mezopotámia mesteremberei ekkor már rendkívül sokféle, kiváló minőségű cikket termeltek. A Kr. e. 3000 körüli rézműves baltát, szekercét, lapos és homorú vésőt, fúrót, kést, fűrész, szeget, kapsot, tűt, beretvát, csipeszt és még sok mást is készített. Az ács csónakot, szekeret, bútort, hárfát és lantot csinált és 2800 körül már hatrétű furnírlemezt használt.

Az egyiptomi piramisok legfőbb példái annak, hogy azoknak az időknek uralkodói milyen hatalmas méretekben tudták a munkát megszervezni, s hogy a mű a pontosságnak milyen magas fokát érte el. A nagy Cheops piramis mintegy 2,300.000 kőtömbből épült, melyek együttes súlya 5,750.000 tonna körül van. Egy-egy nagyobb tömb súlya eléri a 350 tonnát. Csak a piramis lábáig 100 láb (kb. 30.5 m) magasra kellett felvonszolni azokat. Herodotos beszámol arról, hogy a hagyomány szerint 100.000 embert állítottak munkába, akik 10 éven keresztül, minden évben három hónapig kőtömböket szállítottak. A piramis alapja négyzet, melynek oldalai 775.75 láb (236.37 m) hosszúak s az eltérés az egyes oldalak hosszában vagy vízszintes fekvésében kevesebb, mint egy hüvelyk (2.54 cm). A piramisok az emberiség haladásához édeskevéssel járultak hozzá, de az ilyen méretű és pontosságú építési technika elsajátításának mély-séges hatással kellett lennie minden későbbi épít-

kezésre. Bronzszerszámokkal csak lágy kőzeteket lehetett vágni. A kemény sziklákat kerek doleritdarabokkal verték szét (a dolerit kemény, rugalmas kőzet). A kőbányában a mesterember a sziklatömegből olyan alakú darabokat tudott lehasítani, amilyenre éppen szükség volt. Ehhez nem csekély ügyesség kellett, mert a túlságosan erős, vagy túlságosan gyenge ütés egyaránt elrontotta a dolgot. Fémről való éket vagy faéket is használtak a kőfejtésnél. (Az utóbbit nedvesítéssel megduzzasztották.) Ezek voltak a rézbányászás technikai módjai. A sziklatömböket doleritlabdával, vagy hegyes kalapáccsal a kellő alakra formálták, aztán szántalpakon vonszolták a helyszínre, mert Egyiptomban a kerék ekkor még ismeretlen volt. A kőtömb kiformálását itt csákánnyal folytatták, végül az utolsó simításokat csöves fúrókkal (melyeket valószínűleg íjjal és húrral hajtottak) és valami csiszolószerszettel végezték. A piramisok építésénél használt eszközök a következők voltak: emelő, szántalp, kötelek, görgők és tartógerendák (a csiga sokkal későbbi találmány), mérőrudak és zsinegek, függőön és vízszintezéshez való víz. A szintezés módszere abban állt, hogy az építmény körül sárból csatornát tapasztottak, megtöltötték vízzel és a kívánt szintet lehetőleg sok ponton a víz színéhez méregették.

Első hallásra bámulattal tölt el bennünket, hogy ilyen sovány technikai felszereléssel olyan nagyszerű eredményeket értek el. Pedig bármennyire szegényesnek is látszik ma ez a felszerelés, a kőművestechnika nagy fejlődésének végső állomása volt ez és sok századnak kellett eltelnie, míg javítottak rajta. Alkalmazása egyre szélesebb terre

terjedt ki. Kr. e. 2700-ban például már 170 láb (körülbelül 52 méter) hosszú hajókat építettek.

Kr. e. 2500 előtt befejeződött az a folyamat, melyet az emberiség történetében az első ipari forradalomnak nevezhetünk. Forradalom volt ez, amely a földművelés és a vele kapcsolatos technikai újítások feltalálásával kezdődött, aztán folytatódtott a Kr. e. 3000 előtti pár évezred nagy feltalálási periódusán keresztül, végül egy olyan időszakon át, amikor inkább a dolgozók ügyessége fejlődött és az alkalmazások nagyobb területre való kiterjesztése ment végbe. Alapvető újítások alig keletkeztek egészen a Kr. e. 2500 körüli időpontig. Ezután a dátum után azonban pangás következett és sok évszázadon át csak jelentéktelen haladás történt. Nemcsak az alapvető dolgokban szünetelt a fejlődés hosszú időszakon keresztül, de egészen a középkorig nem történt továbbhaladás még sok olyan technikai eljárás tekintetében sem, amelyeknek alapját már régebben megvetették. Sőt tökéletlenek maradtak olyan vívmányok, melyeken, ma legalább úgy látszik nekünk, egész kis erőfeszítéssel nagy javításokat lehetett volna végezni.

Az ősi hámot például olyan munkákhoz alkalmazták, melyeket ökrökkel végeztek. A szerszám főalkateleme az iga volt, amely az ökörpár nyakszirtjén feküdt. Alakja jól alkalmazkodott az ökör nyakához, de nem felelt meg a szárnak és még kevésbé a lónak. Mégis, mikor ezekkel az állatokkal kezdtek dolgozni, ezekre is rárakták s alig módosítottak rajta. De mivel a ló nyaka nem követte pontosan az iga alakját, a nyakszirtten egy szalagot vagy gallért erősítettek rá, amelyet a ló nyaka alatt vezettek el. A modern ló-

szerszámmal összehasonlítva, amelynél a hám az állat lapockáján nyugszik, ez az elrendezés egyáltalán nem volt megfelelőnek mondható. Mikor a ló húzott, a szalag nyomása fojtogatta és arra kényszerítette, hogy a fejét hátravesse, olyan helyzetbe, amely akadályozta abban, hogy erejét kifejthesse, sőt abban is, hogy hátsó lábaira ágaszkodjék. Az állatokat nem patkolták: sérült lábait valószínűleg bőrsaruval óvták. Az eredmény az volt, hogy a ló erejének legalább kétharmad része kárbament. Ehhez járult még az is, hogy a lovakat csak párosával tudták felszerszámozni és sem magános, sem pedig több mint két ló számára nem találtak ki megfelelő szerszámot. Egészen a középkorig nem használtak észszerű lószerszámot. Addig a lovat csak könnyű terhek vontatására veték igénybe, nehéz terheket emberi erővel vontattak, ami felesleges szenvedéssel járt.

A régi eke „lengő-eke“ volt, azaz nem voltak kerekei, hanem a szántóvető tartotta megfelelő magasságban és megfelelő szögben. A barázda, amelyet szántott, szabálytalan volt, de az embernek még így is rendkívül nagy energiát kellett kifejteni. Az eke alakja is kedvezőtlen volt, úgyhogy a földet csak kaparta, ahelyett, hogy vágta és megforgatta volna, mint a modern eke. Mai szemmel nézve, nem sok éleselméjűség kellett volna ahhoz, hogy az ekére egy pár kereket szereljenek és megjavítsák az alakját, s évezredekken keresztül mégsem történt ezen a téren semmi változás.

És így volt ez a technika más területein is. Az I. fejezetben leírt rokkát a középkorig használták, lényeges változtatás nélkül. A hajók kormányberendezése, amely nagyon tökéletlen volt, szintén változatlan maradt. A vaskorszakig a ko-

vács egyetlen kalapácsa a kezében tartott gömbölyű kődarab volt. „Egyiptom hagyatéka“ című könyvében Engelbach ezt írja: „Az építészeti formáktól eltekintve, szinte azt mondhatjuk, hogy a nagy piramis után a kőművesmesterség, ami a mechanikai technikai eljárásokat illeti, semmit sem fejlődött a görögök és rómaiak fellépéséig.“

A fölsorolt példákból kiviláglik, hogy a technikának ezt a pangását nem a megoldandó problémák hiánya okozta, sem pedig az, mintha nem lettek volna szembeszökő tökéletlenségek, amelyek javításra vártak. Némelyik feladat talán túlságosan nehéz volt a fejlődésnek ezen a fokán. Olyan emberek, akik a szekérnél és a vitorláhajónál bonyolultabb szállítási eszközt nem ismertek, természetesen nem várhatjuk el, hogy repülőgépet csináljanak. De a lószerszám megjavítása, vagy a mindenki előtt ismert ekének az ugyancsak közismert kerékkel való felszerelése nem ment túl az akkori idők embereinek szellemi képességén. Mélyebben fekvő okot kell találnunk. A legvalószínűbb magyarázatot a társadalmi rendszer természetében lelhetjük, amely a tespedésnek ebben a korszakában a világ haladottabb részén uralkodó volt. Már megjegyeztük, hogy az ember technikai felszerelésének egy bizonyos fokon túl való kifejlődéséhez az osztályokra tagolt társadalom megszületésére volt szükség. Arra is utaltunk, hogy ez a társadalmi szerkezet nem biztosított megszakítás nélküli haladást, sőt a technikai fejlődést nem egyszer hosszú időre hátráltatta. Itt az ideje, hogy megvizsgáljuk, hogyan történt ez.

A társadalom abban a korszakban, amelyről szó van, s amelyben a nagy szociális változások már befejeződtek és az osztályokra való tagoltság

már végleg megszilárdult, nagyjából két osztályra szakadt. A népesség nagy tömege, a parasztok, rab-szolgák, jobbágyok elnyomott osztálya végezte a közösségért az egész termelő munkát, és cserébe csak annyit kapott, amennyi az életének pusztá ten-getésére volt csak elég. A papok, nemesek és kirá-lyok kislétszámú uralkodó osztálya semmi produk-tív munkát nem végzett, ellenben fényűzően élt mások munkájának gyümölcséből. A dolgozó osz-tályok tisztában voltak a már meglevő technikai eljárásokkal, és rendelkeztek azokkal a gyakorlati tapasztalatokkal is, amelyek segítségével rájöhettek volna arra, hogyan lehet ezeket az eljárásokat töké-letesíteni. De nem volt kedvük a dolgok fejlesztésé-hez, mert hiszen a termelés minden ebből eredő többletét úgysis elvették volna tőlük, hogy az gaz-dáik jólétét gyarapítsa. De nem volt meg a talál-mányok kieszeléséhez szükséges szabadidejük sem, hiszen látástól vakulásig dolgozniok kellett. Az ural-kodó osztály ezzel szemben csak a fogyasztók szem-pontjából tekintette a világot. Mivel nem ismerte a termelés tényleges módszereit, nem is vehette észre a technikai tökéletlenségeket, és mivel gya-korlati tudása sem volt, nem is eszközölhetett javí-tásokat azokon. De azzal ugyancsak tisztában vol-tak, hogyan kell kizsákmányolni, uralkodni, a paraszttól az utolsó szem gabonáját is elvenni, és ebbeli művészetükön sokat is tökéletesítettek. Arra azonban képtelenek voltak, hogy a társadalom technikai módszereit előbbre vigyék. Így aztán, mivel az egyik társadalmi osztály birtokában volt ugyan a szükséges tudásnak és tapasztalatoknak, de nem volt sem vállalkozási kedve, sem szabad-ideje, a másik osztály pedig sem tudással, sem

tapasztalattal nem rendelkezett, nem volt rá mód, hogy a technikában valami haladás következze be.

Egész sereg bizonyíték van arra, hogy a társadalmi struktúra okozta a feltalálások szünetelését. A kerekos kocsai például Mezopotámiában, Elamban és Szíriában már Kr. e. 3000-ben elterjedt, azaz körülbelül abban az időben, mikor az új szociális berendezkedés megszilárdult. Egyiptomba azonban ekkor még nem jutott el, pedig ezek az országok olyan közeli szomszédok, hogy a dolog hírét bizonyosan oda is megvitték. Egészen Kr. e. 1650-ig nem használtak Egyiptomban kereket, s elterjedése akkor is csak olyan idegen népek beözönlésének köszönhető, akiknél a kerék használata már közismert dolog volt. Igaz, hogy Egyiptom kényelmes belföldi víziutakkal rendelkezett, és nem volt olyan égető szüksége kerekos járművekre, mint más országoknak, de azért a kerék az egyiptomiakat sok nehéz munkától kímélte volna meg, különösen olyan feladatoknál, mint a piramisok építése. Arra a következtetésre kell tehát jutnunk, hogy Egyiptomban a kereket azért nem alkalmazták, mert ez a találmány túlságos későn ért oda, csak akkor, mikor a társadalom az újításokkal szemben már olyan érzéketlen volt, hogy ez nem gátolta azok bevezetését. Ugyanezen okból nem alkalmaztak Egyiptomban ötvözetlen vörösréz helyett bronzból való fűjtatókat és fogókat egész Kr. e. 1600-ig, holott Mezopotámiában már 1000 évvel korábban ilyenek voltak használatban.

De még ebben a pangási időszakban sem szűnt meg teljesen a haldás. Kr. e. 1800-ban megjelenik a küllös kerék, ami a korábbi tömör fakerékkel szemben nem csekély haladást jelent. Katonai célokra könnyű lófogatú szekerek kerülnek haszná-

latba. Kr. e. 1600-ban a krétaiak egyenes, kétélű kardot használnak. 1500 után a bronz ismeretlen okból jelentékenyen olcsóbb lett. Használata azelőtt Egyiptomban dísz tárgyra, fegyverekre és finomabb kivitelű szerszámokra korlátozódott; most alkalmmilag kapák és ekék is feltűnnek ebből a fém-ből. A barbár Európában a bronzot nehéz és durva munkára használták; Kr. e. 1300 óta az ausztriai Alpok rézbányászainak bronzvégű pörölyeik és vésőik voltak. Az is jellemző, hogy az egyetlen valóban alapvető találmányt, amelyről határozottan tudjuk, hogy a késői bronzkorszakból származik, ezek a bárbár népek találták fel, nem pedig a nagy birodalmak népei. Ez a találmány a hengerkerék, melyet az ércnek a bányaknából való fölemelésére használtak.

De ennél az aránylag kismértékű haladásnál sokkal fontosabb az, hogy a bronzkorszak technikai eljárásai Európa és Ázsia nagy részében elterjedtek. Ez a folyamat Kr. e. 3000 után megszaki-tás nélkül haladt előre és lehetővé tette, hogy a további fejlődés, amelyről majd beszélünk, sokkal szélesebb alapokon mehetett végbe, mint bármikor azelőtt.

III. A VAS, A DEMOKRATIKUS FÉM

(Kr. e. 1100-tól Kr. u. 500-ig)

Költségessége és ritkasága miatt a bronz nem sokkal járult hozzá ahhoz, hogy az ember a természet felett való uralmát kiterjessze. Mezőgazdasági szerszámok készítésénél sohasem szerepelt jelentősebb arányban, s ezek miatt tökéletességben nem is emelkedett sokkal a kései neolitikus korszak színvonala fölé. (Lehetséges ugyan, hogy a bronz indirekt módon emelte a mezőgazdaság színvonalát, mert a belőle készült jobb szerszámokkal jobb ekéket, szekereket és egyéb eszközöket lehetett gyártani.) Míg a földművelés ezen a színvonalon maradt, az általános életnívó nem emelkedett és a mezőgazdasági termelés feleslegének oly csekélynek kellett maradnia, hogy csak nagyon kevés mezőgazdasági munkást lehetett kiemelni és más mesterségre átképezni. Így aztán a fegyverektől eltekintve, bronzból főképpen olyan szerszámokat készítettek, amelyekkel a kisszámú mesterember azokat a tárgyakat állította elő, amelyek a kevés embert számláló gazdag társadalmi osztály fényűzését szolgálták. A termelés alapján véve neolitikus maradt. Még az egyiptomi és mezopotámiai nagy öntözőműveket is legnagyobbbrészt kőből és fából való felszereléssel készítették.

De mikor az emberek megtanulták a vas kiolvasztását, ahogyan azelőtt a rézzel tették, új, nagy lehetőségek tárultak fel. A vas nemcsak hogy a legtöbb célra különb fém (különösen, ha ismerjük a kiolvasztás és a későbbi kezelés azon módszereit, melyekkel a fém tulajdonságait változtatni lehet), de a föld felszínén sokkal jobban el is van terjedve, úgyhogy sokkal több ember megszerzheti szerszámkészítés céljaira, anélkül, hogy a szállítást és a cserét gondos munkával meg kellene szerveznie. Végül a vas sokkal olcsóbb fém, mint a bronz Kr. e. 1800-ban, a bronzkorszak közepén, a réz csaknem kétszerte többbe került, mint ezer évvel később a vas, az ön pedig, a bronznak ez a másik lényeges alkatrésze, még drágább volt.

Hogy mikor fedezték fel a vas kiolvasztásának általánosan alkalmazható technikáját, nem tudjuk pontosan. Egy örmény törzs talán már Kr. e. 2000-ben ismerte és titokban tartotta. De a Kr. e. 1100 körüli időtől kezdve Palesztinában, Szíriában, Kis-Ázsiában és Görögországban széltében-hosszában kezdenek vasszerszámokat és fegyvereket használni s ez más országokba is áttért.

A vas olcsósága és nagy elterjedtsége mély hatással volt az ember életmódjára. Végre minden mezőgazda fémszerszámokhoz juthatott, ami a földművelés termelőerejét mérhetetlenül felfokozta. A Kr. e. 1000-ik esztendő előtt Palesztinában vasból való kapák, ekék, sarlók és kések voltak használatban. A Kr. e. 700 körüli időponttól kezdve a vasból készült fejszék alkalmazása lehetővé tette az erdők irtását, s ennek következtében újabb nagy területek váltak Európában földművelésre alkalmassá. Görög és római földművesek csakhamar egész sereg különböző vasszerszámot

használtak, többek között lapátot, ásót, villát, csákányt, kapát, kaszát, kerti késeket. A juhnyíróollót Kr. e. 500 körül találták fel (addig kopasztották a juhokat), majd a borbélyiparban és ruhászabásra is alkalmazták. A földművelés produktivitásának növekedése feleslegeket eredményezett, melyekkel nagyszámú speciálisan képzett mesterembert lehetett eltartani. A mesteremberek által termelt javak most már nem képezték a gazdagok kizárólagos tulajdonát, hanem általánosan megszerzethetőkké váltak. Többek között a mesterember látta el a földművest azokkal a szerszámokkal, amelyekkel ez utóbbi munkáját eredményesebbé tehetette. És így elsőízben alakult ki kiegyensúlyozott viszony az ipar és a mezőgazdaság között a korábbi egyoldalú viszony helyett, mikor a mezőgazda gondoskodott élelemről az iparos számára, de az iparos készítményei csak a kiválasztott keveseknek jutottak.

A vas az iparost nemcsak többféle, hanem jobb szerszámhoz is juttatta. Kr. e. 500-ban az ácsoknak volt keretes és keresztvágó fűrészük, azonkívül sokféle olyan vasszerszámuk, amelyeket azelőtt bronzból vagy kőből készítettek, például homorú és lapos véső, szekerce, fejsze, fűrő, kis és nagy kalapács. Kr. e. 50 körül a felszereléshez még a nagy fűrő és a gyalu járult. A kovácsok Kr. e. 500-ban már csuklósan forgó fogókkal, fűrőkkel, tágitókkal, vésőkkel és tökéletesített fűjtatóval dolgoztak. Volt többféle különleges kalapácsuk, éles ellentétben bronzkorszakbeli elődeikkel, akiknek kalapácsa kerek kődarab volt, amelyet pusztán kézzel tartottak. Kr. e. 200 után különleges, szeggyártáshoz való üllők és dróthúzáshoz való tömbök jöttek használatba. E szerszámok között sok olyan

volt, amelyhez talán nem kellett nagy találékony-ság, csupán azoknak a lehetőségeknek logikus átgondolása, melyeket az immár könnyen beszerezhető fém nyújtott. Más iparágakban azonban nevezetes új találmányokról számolhatunk be.

A csigát például, úgylátszik, a korai vaskorszakban találták ki. Hasznossága szembeszökő és mintha a kitalálásához csak egész kis lépésre lett volna szükség azok részéről, akik a kerékkel már megbarátkoztak. Márpedig meglehetősen megbízható bizonyítékaink vannak arra, hogy például a bronzkorszakbeli egyiptomiak hajóin nem voltak csigák, mert különben a vitorlákat bizonyára ezzel húzták volna fel. Az pedig egészen bizonyos, hogy a nagy építkezéseknél csigákat nem használtak. A csiga létezésének első határozott bizonyítéka egy asszír dombormű a Kr. e. nyolcadik századból. Ez talán újabb példája annak, hogy a korai civilizációk társadalomszerkezete hogyan késleltette a technikai haladást. De lehet, hogy csak annak tudhatjuk be a csiga kései megjelenését, hogy akármilyen egyszerű szerkezet is ez, nem lehetett elég olcsón gyártani, míg a készítéséhez szükséges szerszámokhoz és a csiga anyagához elegendő vas nem állt rendelkezésre. Akárhogy is áll a dolog, a csiga csakhamar forradalmasította az építőipart. Segítségével sokkal könnyebben lehetett a köveket a magasba, a megfelelő helyre emelni, mint ahogyan ezt a bronzkorszakban tették, amikor földből lejtőt építettek, a köveket felhúzták ennek tetejére s aztán onnan rendeltetési helyükre eresztették le őket. A csiga az idők folyamán kezdetleges emelődaruvá fejlődött. A görögök Kr. e. 450-ben már ebben a formában használták. Ebben az időben hajókon vízszintes helyzetű, hen-

gerkerékhez hasonló emelőszerkezet is működött, de a csigasor csak a mi korszakunk kezdetén jelenik meg.

Mivel egyes géprészeket most már fémből lehetett készíteni és könnyen beszerezhatték a vasat a kő és a fa megmunkálásához szükséges szerszámokhoz, megvolt a lehetősége, hogy különböző géptípusokat gyártsanak és így mód nyílt arra, hogy új találmányok keletkezzenek. A legnagyobb mértékben figyelemreméltó, hogy a gabonaörlést gépesítették. A bronzkorszak módszere az volt, hogy a magvakat mozsárban összezúzták, vagy pedig enyhén kivájt kövön szétdőrsölték egy mozsártörőhöz hasonló kődarabbal, melyet kezükben tartva, ide-oda húzogattak. Minden háztartás maga őrlötte meg gabonáját. Kr. e. 600 körül megjelenik a forgatható kézimalom. Ennél a gabona két kerek kő között őrlődik. A felső kő egy, az alsó kő középpontjából kiálló tengely körül forog. Még ebben az egyszerű, kézzel hajtott formájában is sok munkát takarított meg a kézimalom, s raadásul még jobb lisztet is őrlött. Kr. e. az ötödik században a malom újabb fejlődési fokot ért el. Méretei nagyobbak lettek és az egyes háztartások helyett külön sütőműhelyben állították fel. Kézi-erő helyett egy szamár forgatta, amelyet a felső kőből kiálló rúdhoz kötve, körbe-körbe járat- tak. Azóta, hogy a Kr. e. 3000-ik esztendő előtt a szekerek és ekék elé állatokat fogtak, ez volt az első eset, hogy nem emberi erőt használtak fel az ember munkájának elvégzésére. Nagy lehetőségek tárultak fel ezzel az ember fáradságos munkájának megkönnyítésére. De ezeket a lehetőségeket, ahogy látni fogjuk, nem használták ki teljes mértékben. Kézimalomhoz hasonló szerkezetet

alkalmazták ugyanebben az időben ércek megőrlésére (például az Athén melletti Laurion ezüstbányáiban). Ugyancsak állati erővel hajtott gépet használtak az olivaolaj termelésénél, az olajbogyók kisajtolására. Az a tény, hogy a vaseszközök általánosan használatba jöttek, lehetővé tette alagutak fúrását és vízvezetékek építését, melyek a városokat vízzel látták el. Még sok más dologban hozzájárultak a vasszerszámok az élet kellemesebbé tételéhez. A szállítási módok terén is a vas használata jelentékeny haladást jelentett. (Bár semmiféle újabb alapvető találmányt nem jegyezhetünk fel.) Több, nagyobb és jobb hajót és teherszállító-kocsit készítettek és az utak építése is egyre nagyobb mértékben haladt. Erre a célra Kr. e. 850 óta vasból való csákányokat használtak.

A vas ilyen sokféle módon való felhasználása nagy változást hozott az emberiség életében. A földművelés és az ipar totális teljesítőképessége a szükségleti és fényűzési cikkek előállítására rendkívül megnövekedett. A bronzkorszakban az emberek óriási többsége arra volt kárhóztatva, hogy élete a pusztá létfenntartásban merüljön ki, s abból a feleslegből, amit a sokak termeltek, csak nagyon keveseknek jutott fényűző életmód osztályrészül. A vaskorszakban a népességnek már aránylag sokkal nagyobb része emelkedhetett magasabb életszínvonalra, s ennek megfelelően a valóban gazdagok osztálya is jelentékenyen megnövekedhetett. Az iparos és a kalmár most már vásári eladásra dolgozhatott, ahol még a parasztok is meg tudták szerezni árucikkeiket, akik így már nem voltak arra ítélve, hogy a nemesektől és a templomoktól függjenek, mint a bronzkorban. Eleinte rendelésre termeltek, de a rendelők a közösség sokkal szélesebb rétegéből

kerültek ki, mint ezelőtt. Később már az is lehetővé vált, hogy vásárokon való eladásra termeljenek árucikkeket. És mint ahogy a mai gyári munkás nem tudja, hogy végül ki fogja készítményeit használni, ők sem tudták, ki lesz az esetleges vevő portékájukra. A szállítóeszközök tökéletesedésével együtt járt, hogy nem jelentett okvetlen akadályt, ha a piac, amelynek számára termeltek, nagyon távol esett, bár ezt a lehetőséget teljes mértékben csak olyan országok használhatták ki, mint Görögország, amelynek tengeri szállítás szempontjából nagyon kedvező helyzete volt. Kr. e. 650-ben már görög exportcikkeket árusítottak a Földközi tenger egész keleti medencéjében és a Fekete tengeren. Ennek az irányzatnak megerősödésével egyes államok egyre jobban a kereskedelemre rendezkedtek be, annyira, hogy végül Kr. e. 450. körül, Athénben olyan gabonahiány lépett fel, hogy saját speciális mezőgazdasági terményei (olaj, olajbogyó, olívaolaj és borok), valamint bányászati és kézműipari áruai ellenében importra szorult. (Fazekasáruk, fegyverek stb.).

Ilyen gazdasági berendezés mellett a gazdasági-lag független népek száma sokkal nagyobb volt, mint a bronzkorszakban. A bronz elterjedése, amint láttuk, együttjárt azzal, hogy a gazdasági erők, s ennek következtében a politikai hatalom is, kiszámú arisztokrata kezében összpontosult. A vas elterjedésével az emberek sokkal nagyobb számban jutottak jó szerszámokhoz és fegyverekhez, és a nemes családok gyámkodásától független iparosok és kalmárok társadalmi osztálya megerősödött. Mindez nagyobb gazdasági egyenlőséghez és a gazdasági erők decentralizációjához vezetett, ami aztán kikerülhetetlenül megfelelő természetű politikai vál-

tozásokat vont maga után. A vaskorszak néhány első századában a társadalomnak fokozatos demokratizálódását látjuk, egészen Kr. e. 450-ig. Ez persze nem ment végbe az arisztokraták elkeseredett ellenállása nélkül. Athénben azzal egyidejűleg, hogy az állam teljesen a kereskedelemre és iparra rendezkedett be, olyan alkotmány létesült, amelyben lényegileg semmi törvényes különbség nem volt a „polgárok” jogai között. A polgárok szót idézőjelbe tettük itt, mert ez a demokrácia korlátozott volt és a nőket, a rabszolgákat és az idegeket kizárta a polgárjogokból.

Ennek a demokratikusabb társadalmi formának kialakításában Athén a világ élén járt, nem kis mértékben azért, mert utat mutatott a világnak abban is, hogyan lehet az új ipari lehetőségeket kihasználni, melyek a vasszerszámok bevezetésével feltárultak. Amellett, hogy kivette a részét a technika tökéletesítésében (amint már előbb e fejezetben említettük), ő volt az első állam, amely speciális árucikkeknek exportra való termeléséből élt. Hogy ezt megtehesse, az ipari termelés szervezetében alapvető újításokat is be kellett vezetnie. Elsősorban a termelést, még az exportpiac számára is, egymástól független mesteremberek serege végezte. A piac számára való árucikkeket azonban jobban el lehet készíteni, ha több munkás egy gyárban együtt dolgozik és mindegyik a munkának egy bizonyos ágára specializálja magát, és valamennyien együtt végzik az eladásra szánt árucikkek tömegtermelését. A Kr. e. hatodik századtól kezdve a fazekasüzemekben gyakran külön szakmunkások végezték az edénynek a korongon való kiformálását, a festést és a kemencében való égetést. És ahogy az athéni ipar nagyobbodott, a gyárak kiterjedése is nagyobb lett.

Tudomásunk van róla, hogy Kr. e. az ötödik század végén működött egy ágyakat készítő asztalosműhely, amely hús, egy fegyvergyár, amely harminckét és egy pajzsgyár, amely százhusz rabszolgával dolgozott. Egy nagyobbacska gyárban, talán tizenkét-tizenöt rabszolgát alkalmaztak, hányauzembelen azonban ezerre, vagy talán még többre is felment a számuk.

Jegyezzük meg, hogy ezekben a későbbi gyárakban a munkások rabszolgák voltak. Ez új fejlődési fok volt, amelyben a hatalmasméretű ipari rabszolgaság csaknem teljes mértékben helyettesítette az azelőtti szabad mesterembereket. A fentebb említett, exportra dolgozó iparágak nagy fellendüléséhez ez adta meg a munkalehetőséget, de ugyanakkor olyan új momentumokat is létrehozott, amelyek az athéni haladásnak csakhamar véget vetettek. A rabszolgák munkaereje, amely, hála a diadalmas athéni hadseregnek és a kalózok sikeres vállalkozásainak, olcsón és mindenki számára rendelkezésre állt, a nehéz munkával kapcsolatos minden probléma kényelmes megoldása volt. A legtöbb esetben egyszerűbb és olcsóbb volt a nehéz munkákra rabszolgákat alkalmazni (még ha néhány év alatt bele is pusztultak), mint gépeket tervezni és építeni erre a célra. Így körülbelül Kr. e. 450 után a rabszolgaság növekedése csaknem teljesen megállította a fentebb leírt, állati erővel hajtott gépek elterjedését. Ugyanekkor a teljesjogú polgárok a kétkezi munkát, sőt még annak igazgatását és felügyeletét is megvetették, mert hiszen ezek elvégzése a rabszolgák kötelessége volt. És így új formában támadt fel ugyanaz az ellentmondás, amelyről a második fejezet vége felé volt szó. A rabszolgának, kinek sem nevelése, sem szabadideje, sem reménye

nem volt jutalomra, nem volt érdeke, de módjában sem állt, hogy jobb termelési módszereket találjon ki. A polgár pedig, aki lenézte a testi munkát, lenézte a találmányokra irányuló erőfeszítést is, mint olyasmit, ami a testi munkával van kapcsolatban.

A másik fontos tényező, amely a technikai fejlődést ebben az időszakban nagymértékben hátráltatta, az volt, hogy a Földközi tenger környékének világa nagyszámú apró városállamra szakadt, s ezek egymással szinte állandóan háborút viseltek. Ez az elkülönülés egyrészt erősen korlátozta a kézműipari termékek számára rendelkezésre álló piacokat, másrészt sok ember energiáját (s köztük talán sok lángelméét is) a hadviselés szolgálatába állította. Pedig ezek az emberek egyébként talán hozzájárultak volna valamivel az emberiség haladásához.

A görög világ, s különösen Athén Kr. e. 450 körül, rendkívül nagy haladást tett. Most azonban, ezeknek az ellentmondásoknak eredményeképpen, teremőereje lelankadt, és a 400-as esztendő után ipara hanyatlásnak indult. Az ellentmondások részben megoldódtak, mikor Nagy Sándor sorozatos hódításai folyamán a görög világot erős kézzel egyesítette, s azután határait kiterjesztette, úgyhogy a hatalmas birodalom Egyiptomot, Elő-Ázsia legnagyobb részét, sőt India egyes részeit is magában foglalta. Nagy Sándor halála után ez a birodalom széthullott, nem ugyan városállamokra, hanem három vagy négy jelentékeny kiterjedésű birodalomra. És ezt a területet egy új gazdasági és kulturális egység tartotta össze. A korlátozások közül sokat, amelyek a korábbi, részekre való felosztásokból eredtek, megszüntettek. A kereskedelem néhány év alatt ötszörösére emelkedett. Azelőtt

a görög kereskedés többé-kevésbé a Földközi tenger keleti vidékeire korlátozódott, pedig északon a Dunaig, délen Etiópiáig terjeszkedett, kelet felé pedig Indiától, sőt Kínától az Atlanti óceán partjaiig. Nagyobb és gyorsabb hajók készültek; voltak már ötezertonnás hajók is. Ezek ugyan inkább kivételek voltak, a legtöbb jóval 100 tonna alatt maradt. Nagy kikötőket építettek, csatornákat ástak, például a Földközi-tenger és a Vörös tenger között. Világítótornyokat emeltek, melyek közül az első a híres alexandriai világítótorony volt. Alexandria, a Pto'emaioszok birodalmának fővárosa, a világ kereskedelmének középpontja lett.

Az ipar a kereskedelemmel karöltve terjeszkedett. A munkamegosztást még sokkal tovább fejlesztették. A kőfaragó például szerszámaint már nem maga élesítette, és a kőbányában dolgozó munkás, aki a köveket törte, a homokot nem maga takarította el. Az ipari rabszolgaság csökkent, de csak egy bizonyos ideig, mert a gyárakban vagy szabad bér-munkásokkal dolgoztak, vagy egyébként szabad embereket időnkint munkára köteleztek. (Ezt a módszert a bronzkorszakból vették át.) Ilyen feltételek mellett a mechanikai feltalálói tevékenység ismét nekibátorodott és a Kr. e. 330-as esztendő után következő három évszázad a találmányok olyan nagy tömegét hozta létre, mint egyetlen hasonló időszak sem Kr. e. 3000-től a késő középkorig.

Ez a korszak az első, amelyből egyes mechanikai találmányok és eljárások elég jól érthető leírása maradt ránk, s ez kiegészíti azokat a régészeti és esetleges irodalmi adatokat, amelyekre a régebbi korokról szóló történetünk támaszkodik. A művelt osztályok, amelyek műveikről feljegyzéseket tudtak hátrahagyni, végre elkezdtek mecha-

nikai dolgok iránt valamelyes érdeklődést tanúsítani. A felsőbb társadalmi osztályok elméletben még mindig megvetettek mindent, ami valami mesterséggel kapcsolatos volt, de a gyakorlatban, legalább is néhányan közülük, elméleti jártasságukat ipari dolgok fejlesztésére fordították, nyilván azért, mert az ipar az általános gazdasági életben most már olyan fontos helyet foglalt el. Egyes mesterségek és hivatások tiszteletreméltókká is váltak, például a földmérés. A dologtalan társadalmi osztályokhoz tartozó emberek között, akiknek nevelés és szabadidő állt rendelkezésükre és a munkások között a határvonal, amely a bronzkorszakban és utána Kr. e. 450-ben, a vaskorszakban a fejlődést meggyorsította, kissé elmosódott. De azért megmaradt és újra arra hajlott, hogy élesebbé váljék. Így tehát a művelt osztályoknak mechanikai dolgok iránt való érdeklődése fokozatosan elterelődött a hasznos gépek feltalálásától vagy megjavításától, szellemes mechanikai játékszerek szerkesztése felé. És tényleg, e korszak legfontosabb találmányai még mindig ismeretlen mesteremberektől származnak.

Azok között a művelt osztályhoz tartozó emberek között, akik komoly mechanikai problémákkal foglalkoztak, Archimédész. (Kr. e. 287—212), minden idők egyik legnagyobb matematikusa, volt a legkiválóbb. Az emelő elméletének felállításával ő teremtette meg az elméleti mechanika tudományát. Az ókorban ugyan alig látták ennek hasznát és egész a középkor végéig, mikor újból tanulmányozni kezdték, úgylátszott, hogy nem sok gyakorlati értéke van. Valószínűleg Archimédész találta ki a nevééről elnevezett vízemelő csavart, melyet abban az időben használtak is öntözésre és a víz-

nek bányákból, hajóüregekből való kiemelésére. Többféle hadigépezetet is feltalált és épített Szirakúza védelmére. A hagyomány szerint ezekkel olyan sikere volt, hogy a támadó rómaiak rémülten menekültek, ha egy ilyen különös készülék tűnt fel a város falain. A görögök idejében a legfőbb hadisép valami ágvúféle szerkezet volt, amely azonban nem robbanóanyaggal működött, hanem összeesavart kötelek rugalmas erejével hatvanfontos (körülbelül 27 kg) követ 200 yardnyira (körülbelül 183 m) tudott hajítani. Azt mondják, hogy Archimédész ezeket a gépeket nagymértékben tökéletesítette. Kr. e. a harmadik században történtek újabb kísérletek ennek az „ágyúnak“ tökéletesítésére Ctesibius, és a harmadik vagy második században a bizánci Philo részéről. Nevezetesen az utóbbi azt ajánlotta, hogy a megtekert kötelek helyett bronzrúgók vagy összenyomott levegő erejét használják fel. Egyik idevágó kísérlet sem volt eredményes. Philo-ét az akkori idők technikai eszközeivel nem is lehetett volna megvalósítani. Ctesibiust tekintik a szélkazán feltalálójának is. Ez a készülék nem nagyon terjedt el, de helyenként minden bizonnyal használták tűzoltógépeknél, és a hidraulikus orgona működtetéséhez, amelyet a Kr. e. második században, lehet, hogy maga Ctesibius talált fel.

Hero, ez a későbbi alexandriai író, aki valamikor Kr. e. 100 és Kr. u. 100 között élt, értekezéseket hagyott ránk, amelyekben sok akkor használatos mechanikai szerkezetet ír le. Hero valószínűleg földmérő volt és ezért érdekes, hogy két eszközt emleget, mint olyant, amely hasznosságát tekintve a legelsőik között foglal helyet. Az egyik egy theodolit-féle készülék, a másik egy távolság-

mérő eszköz, amely úgy mért, hogy, mechanikusan megszámlálta egy kerék fordulatszámát, éppen úgy, mint a mai ciklométerek. A leírás szerint fogaskerekek voltak benne, s ez az első irodalmi feljegyzés fogaskerék létezéséről. Hero leír még szivattyúkat, fecskendőket, tűzoltógépet és egy szerkezetet, mely olaj'ámpákban a belet és az olaj mennyiségét automatikusan szabályozta. A leírt szerkezetek túlnyomó része azonban, ahogy Crowther „A tudomány társadalmi viszonyai” című művében említi, „azokhoz a tréfás szerkezetekhez hasonlítanak, amelyeneket a modern városokban felütött vásári bódékban árusítanak”.

Hero leír többek között egy meleg vizet szolgáltató automatát, bábszínházat, melynek bábjait lefelé mozgó súlyok mozgatták, egy gépet, amely kinyitotta a templom ajtaját, ha az oltáron tüzet gyújtottak. Mindezeknek a találmányoknak az volt a „hasznuk”, hogy megfélemlítették a babonás tömegeket, és így a felettük való uralkodás technikájának egyik alkatelemét képezték. Hero leír „egy állatot ábrázoló automatát is, melynek a feje akkor sem vált el a törzstől, ha a nyakát késsel teljesen átvágták, sőt az operáció után mingyárt inni akart”. Nagyon jól illusztrálja ez, hogy mi történt, mikor Nagy Sándor hódításai után a terjeszkedő ipar első lendülete megtorpant és a társadalmi osztályok erősödő elkülönülése a teoretikusokat megint elsodorta az iparosok gyakorlati problémáitól.

Hero két gépezete különösen említésre méltó. Az egyik (melynek leírásánál ugyan egy lényegbevágó szó értelme vitás) nyilván szélmalom, amely egy ejtő-kalapács közvetítésével egy orgona fujtatót működteti. A másik, a mai reakciós turbina

őse. A dolgot az teszi jelentőssé, hogy itt két olyan találmánnyal állunk szemben, melyek alkalmasak voltak arra, hogy komoly „erőgépek“ fejlődjenek belőlük.⁶ Hero számára azonban csak játékszerek voltak. A turbina forgott, de semmit sem hajtott. A szélmalom megszólaltatta az orgonát, de csak azért, hogy hirdesse feltalálója lángelméjét. Szemlátomást semmi kísérlet sem történt arra, hogy bármelyiket hasznos munkára alkalmazzák, s így megkönnyítsék a dolgozók fáradságos munkáját. Igaz, hogy a turbinából a technika akkori színvonalára mellett nem is tudhattak volna komoly gépet csinálni. A szélmalomból azonban valószínűleg igen. Mindenesetre jellemző, hogy még csak kísérlet sem történt ebben az irányban, pedig csakis a próbálkozás győzhette volna meg a kísérletezőt arról, hogy a dolog kivihetetlen. S ezt csakis annak tulajdoníthatjuk, hogy minden olyan munkára, amelyhez nagy erő kellett, mindenütt kéznél voltak a rabszolgák, és amíg ez a látszólag kimeríthetetlen emberi erőforrás rendelkezésre állt, a feltalálók nem nagyon láttak rá okot, miért törjék a fejüket azon, hogyan lehetne a természeti erőket munkára fogni.

Míg az emberi találékonyságot agyafúrt játékszerek készítésére pazaro'ták, akadtak azért ismeretlen mesteremberek, kiknek találmányai sokkal jobban kiállták az idők próbáját. E találmányok között olyanok is voltak, melyek fontos lépést jelentettek a természeti erővel hajtott valóban hasznos gépek felé. Az öntözésre, majd jóval később a bányavíz eltávolítására szolgáló vízemelő-kereket már a bronzkorban ismerték. A kerék peremére csészék voltak erősítve, melyek a kerék forgása közben alul megteltek vízzel s a vizet aztán

fent egy vályúba ürítették. Valószínűleg ismerték a csészékből alkotott láncot is, amely ugyanennek az ötletnek jobb kihasználása. Ennél az edények kötéltre vannak erősítve, és a kötelet vetik át a keréken, úgyhogy a kötéL hossza szerint a csészék a szükséghez képest tetszőleges mélységbe lemerülhettek.

Ezeket a készülékeket eredetileg taposómalommal vagy hengerkerékkel hajtották. Valamivel a Kr. e. 200-ik év után úgy alakították át azokat, hogy hajtásukra ökröket alkalmazhattak. Az ökröknek függőleges tengely körül kellett járniok, amint ezt a malomnál már leírtuk. Ez a tengely aztán fogaskerékkel volt a csészékkel felszerelt kerék vízszintes tengelyéhez kapcsolva. Ez a gép mutatja, hogy az állati erőt sokkal szélesebb körben vették igénybe, azonkívül valószínűleg ez a gép volt az első, amelynél erőátvitelre fogaskereket alkalmaztak.

Valamivel Kr. e. 100 után egy még sokkal forradalmibb lépés történt a fejlődés irányában valahol a Közel-Keleten. Feltalálták a vízikereket. Emlékezzünk vissza, hogy az ember a szervetlen természet energiáját már Kr. e. 3000 előtt munkára fogta, amikor vitorláshajóinak hajtására a szelet használta fel. A vízikerek újabb alkalmazása volt a szervetlen természet egyik energiafajtájának, és pedig az első, amelynél ez az energia egy helyben maradó gépet hajtott. A vízikereket évszázadokon át pusztán csak liszt őrlésére használták.⁷ A thessáliei Antipater egyik versében a vízikerekről ír, s ez egyike a legrégebbi irodalmi emlékeknek, amelyben erről a gépről említés történik. (Kr. e. 65-ben vagy pár évvel később.) A vers így szól:

*Hagyjátok abba az örlést, óh ti fáradozók;
 Asszonyok szenderegitek csak tovább, mégha a
 kakas kukorékolásával hívja is már a hajnal-
 csillagot,
 Mert Demeter nimfákat rendelt, hogy forgassák
 malmotokat.
 Íme itt vannak és felszállnak a vízikerekre.
 Nézzétek csak, milyen gyorsan pörgetik a tengelyt,
 melynek forgó kullői a tengeren túl fejtett
 nehéz malomköveket körben járatják.
 Így újra élvezzük a régi napok örömeit.
 Mert megtanultuk, hogyan lehet kényelemben fo-
 gyasztani Földanyánk gyümölcseit.*

A római Vitruvius Kr. e. 16 körül leír egy vízimalmot, melyben a kerékről az erőt egy fogaskerékpár viszi át a malomköre. Ezt a fogaskerék-áttételt már a fentebb leírt vízemelőgépnél is alkalmazták. Volt aztán egy primitívebb malom-típus is, melynek kereke függőleges tengely körül vízszintes síkban forgott. Ehhez nem kellett fogaskerék. De az nem derült ki, hogy megelőzte-e ez a fogaskerékes malmokat.

Ez a találmány arra az időre esik, mikor a rómaiak azon voltak, hogy uralmukat az egész civilizált világra kiterjesszék. A római gazdasági élet, még inkább mint a görög, rabszolgamunkán alapult. Amíg a birodalom egyre nagyobb lett, az elfogott rabszolgák „készlete“, látszólag kimeríthetetlen volt. Kényelmesebb volt rabszolgák munkájával megbirkózni a nagy erőt igénylő feladatokkal, mint gépeket szerkeszteni vagy tökéletesíteni, melyeket a természet erői hajtottak. Így aztán a római terjeszkedés időszakában a vízikerek használatában csak kevés fejlődés mutatko-

zott. Sőt mi több, az állati erővel üzemben tartott malmok száma jelentékenyen megcsappant, mert állatok helyett a munkát rabszolgákkal végeztették. Valószínűleg ezzel van kapcsolatban, hogy a régi hám, melyről a második fejezetben volt szó, miért volt olyan tökéletlen. A rendelkezésre álló állati erőt a valóságban olyan kis mértékben használták fel, hogy a rabszolgaerővel alig versenyezhetett. Ilyenformán a rabszolgaság, ahogyan ez a régi gazdaságokban mindig történt, meggátolta a nem-emberi munkaerő teljes kihasználását.

Az ellentétek és ellentmondások, melyek a görög világban különböző időszakokban a technikai haladást késleltették, kétszeres erővel hatottak a római birodalomban. Az is valószínű, hogy a görögök itt-ott foglalkoztak technológiával, már amennyire ez egy rabszolgamunkára alapított gazdasági rendszerben lehetséges. A rómaiak, akiknek társadalmi szervezete alapján megegyezett a görögökével, nem tehettek tehát egyebet, mint hogy kiaknázták, néha még nagyobb méretekben, a technikát, melyet a görögöktől tanultak.

Róma, nagyságának egész ideje alatt nem hozott létre egyetlen fontos találmányt sem. Mikor a római hatalom hanyatlani kezdett, mikor a győztes római hadak többé már nem hoztak haza szerencsétlen rabszolgákat, komoly munkaerőhiány ütötte fel a fejét. Ennek köszönhető, hogy végre valami említésreméltó haladás kezdett mutatkozni az erőgépek tekintetében. A Kr. utáni negyedik és ötödik században a vízimalmok használata a római birodalom különböző részeiben jelentékeny mértékben elterjedt. A negyedik század közepén már Róma közelében tűnnek fel a vízimalmok és még e század vége előtt, megjelennek magában Rómá-

ban is. Így lassan, döcögve kezdett kibontakozni az a törekvés (mely teljes erővel csak akkor nyilvánult meg, mikor a középkor új társadalmi állapotokat teremtett), hogy a nehéz munkát vízierők nagyobb-mérvű kihasználásával megkönnyítsék. A kereket még mindig használták, de csak gabona-örlésre. Egyetlen kivételről maradt ránk feljegyzés, egy vízzel hajtott fűrészmalomról, amellyel a negyedik században márványt vágtak. De csak a középkornak maradt a szerep, hogy a vízikerék használatát általánossá tegye és a kereket egész sereg új feladatra alkalmazzza.

IV. A MASODIK IPARI FORRADALOM

Embrió-korszak (500—1440)

A római birodalom hanyatlása s végül összeomlása azt eredményezte, hogy a civilizáció egyik-másik kiemelkedő vívmánya egyidőre veszendőbe ment. A művészet, az irodalom, valamint a tudománynak formai és elméleti meglátásai feledésbe merültek, és csak itt-ott maradtak fenn megkövesült állapotban, míg egy későbbi kor fel nem használta őket. Sok történettudós, aki a kultúra történetével foglalkozik, a civilizációnak kizárólag vagy főképpen csak ezzel az arculatával törődik, és ezért a középkort „sötét kornak” tekinti, amelyben „a civilizáció” elpusztult, amelyben semmiféle haladás nem történt addig, míg végül egy mági-
kus újjászületésben, „renaissance”-ban az emberek újra felfedezték Görögország és Róma művészetét és tudományát, mire aztán megkezdődött a visszatérés a „civilizáció”-hoz. Ne felejtsük el azonban, hogy a művészet, az irodalom és az elméleti tudomány a régi világban a kevés gazdag és dologtalan ember kiváltsága volt. Nem is ezek a dolgok voltak a civilizáció színvonalának hű kifejezői. Ha mögéjük pillantunk, és meglátjuk, hogy általában hogyan élt akkor az emberiség, a középkorról más képet nyerünk. Ez a kép a középkort az újra

nekilendülő haladás korának mutatja, a viszonylagos tespedés hosszú korszaka után. A civilizáció színvonalát nem szabad pusztán az intellektuális kultúra csúcspontjaihoz mérni, hanem az egész népesség életnívóját kell tekintetbe vennünk. Ez utóbbi viszont az eszközök és módok tökéletesítésétől függ, amelyekkel az ember megélhetését a természettől kicsikarja; tehát technikai találmányvoktól és azok alkalmazásától. Láttuk, hogy Kr. e. 2500-tól a római birodalom bukásáig terjedő időszak aránylag kevés találmányt teremtett. Azok közül a találmányok közül, melyek e könyv tárgyát képezik, igazán kiemelkedőek csak a következők: egy kohászati eljárás, amely a vasat mindenki számára hozzáférhetővé tette, s ennek folytán az életszínvonal kialakulására igen jelentős hatást gyakorolt; állati erő alkalmazása (bár csak kismértékben, bizonyos gépek hajtására), vízierők kihasználása ugyancsak kismértékben. A középkor azzal kezdődött, hogy azoknak a technikai eszközöknek és eljárásoknak használata, ami azelőtt korlátozott volt, mert az igénybevehető rabszolgaerőhöz volt kötve, most rendkívül kibővült. Néhány évszázad elteltével egész sor új találmány látott napvilágot, amelyek megvetették a modern világ alapját.

A technikai fejlődés megújulásának okai túlságosan bonyolultak ahhoz, hogy itt kimerítően megtárgyalhassuk (még ha ma már tökéletesen értenénk is őket), de néhány utalást adnunk kell. A római birodalom bukása maga után vonta annak a különleges, rabszolgamunkán alapuló társadalmi szerkezetnek összeomlását is, amely ténylegesen megakasztotta a fejlődést a görög-római idők legnagyobb részében. A rabszolgaság nem szűnt meg

hirtelen, mintha elvágták volna, hanem fokozatosan kisebb és kisebb méretekre zsugorodott a római birodalom néhány utolsó és a középkor néhány első évszázadában. A gazdasági életet valójában csak addig lehetett rabszolgaerővel ellátni, míg Róma erős volt és katonai hatalma növekvőben volt. Ahogy hatalma lehanyatlott, a rabszolgaság is szűnni kezdett. Ez pedig nem jelenthetett egyebet, mint egy primitívebb életformához való visszatérést addig, míg nem sikerült a termelést új alapokra fektetni.

A későbbi római társadalom valóban visszatért a szervezettség egyik olyan formájához, amely a rabszolgatársadalmak fellépése előtt létezett: az ön-ellátó helyi egységek rendszeréhez. Ebben a rendszerben tudvalevőleg minden ilyen egység saját mezőgazdasági termékeiből élt, s üzte a helyszínen a maga egyszerű iparát. A kereskedelem kis területre szorítkozott, kivéve egy-két olyan életbevágóan fontos cikket, mint a vas és a só. Az effajta változás azonban azt eredményezte, hogy az osztályokra való tagoltság szigorúságának enyhülnie kellett. A társadalmi ranglétra fokai, amelyek eddig az „isteni“ császártól az emberszámba sem vett rabszolgákig terjedtek, most közelebb kerültek egymáshoz. A legalsó társadalmi réteget most már nem a rabszolga, hanem a jobbágy képezte, aki ugyan a földhöz volt kötve, melyet megművelt, de saját munkája gyümölcsének bizonyos hányadához határozottan körülírt jogai voltak. A létra legfelső fokán a földbirtok ura állt, aki jobbágyaival elég szoros érintkezésben volt ahhoz, hogy a termelés folyamataról valamelyes reális ismeretet szerezzen. Amint a római határok egyre hátrább húzódtak, a barbárok megszállták Európát és elkeveredtek az azelőtt

római uralom alatt állt népességgel. Magukkal hozták egy csaknem osztálynélküli társadalom emléket, és elősegítették az új társadalmi rendre való teljes átfordulást, amelyben a munkás viszonylagos életszínvonala jóval magasabb volt, mint az ókorban. Az iparos, aki sohasem tűnt el teljesen és az elkövetkező századokban a társadalom egyre fontosabb eleme lett, abba a helyzetbe jutott, hogy találékonyságának eredményéből sokkal nagyobb hasznot húzhatott, mint ókori elődje. Az effajta változások serkentették, felbátorították a találékonny elméket.

A rabszolgaság kiesése miatt a korai középkornak súlyos munkaerőhiánnyal kellett szembenézni. Ha valami nehéz munkával járó feladatot kellett elvégezni, az ókor könnyen segített magán. Egyszerűen több rabszolgát alkalmazott. A középkornak más megoldást kellett találnia. Ez pedig nem lehetett egyéb, mint az emberi izmok helyett új erőforrásokat felkutatni és igénybe venni.

A vízikerek használata, amint láttuk, egész a késő római időkig nagyon korlátozott volt, mert a rabszolgák erejét könnyen igénybe vehették. Most aztán használata nagymértékben megnövekedett. Először, mint régebben is, gabonaörlésre használták. A malmok száma egyre növekedett, például Angliában 1086-ban több mint 5000 malom működött, a legtöbb valószínűleg vízierővel. Ez annyit jelent, hogy Anglia népességéből minden 400 emberre egy malom jutott, s ez már magában is elegendő, hogy megmutassa azt a mély változást, amely a nép életmódjában bekövetkezett. Később a vízierőt sok különféle iparágban alkalmazták; például gyapjúszövet kallózásánál. A kallózás az az eljárás, mikor a szövetet vízben sulykolják, hogy

zsugorodjék, s ezáltal sűrűsége és tartóssága nagyobb legyen. Azelőtt ezt kézzel, lábbal vagy botokkal végezték, de a tizenkettedik század második felétől kezdve vízierőt használtak erre a célra. A gép, az ejtőkalapács elve alapján működött. Ugyanebben az időben ejtőkalapácsokat alkalmaztak az indigónövény, cserző fakéreg és más anyagok összezúzására és a tizennegyedik században kovácskalapácsok készítésére. Korábban, a tizenkettedik században, súlyos tárgyak kovácsolására más elven alapuló pörölyt használtak. Ennél a kalapács egy gerenda egyik végéhez volt erősítve, a másik végén pedig egy edény egyensúlyozta, amelyet egy vályuból vízzel lehetett megtölteni. Ha az edény megtelt, a kalapácsot felemelte. Ha ezután egy csap kinyitásával az edényt hirtelen kiürítették, a kalapács gyorsan lecsapódott. 1295-ben kovács-fújtatókat is vízierővel működtettek, a tizenharmadik században fűrészmalomokat, a tizennegyedikben pedig köszörűköveket is. 1450 körül bányákban és sóaknáknál szivattyúzásra⁸ és vontatásra vízierőt használtak, azonkívül vashengerműveket és dróthúzógépeket is vele hajtottak. A tizenkettedik században megjelentek Európában a szélmalomok és ezzel egy új természeti erőt fogtak munkába. Nem biztos, hogy ez a szélmalom, amely többé-kevésbbé a ma ismert típushoz hasonló volt, önálló európai találmány. Lehet, hogy egy más típusból származik, amely néhány századdal korábban Keleten volt használatban.

A szél és a víz mellett az egyetlen használatos erőforrás a gőzgép megjelenéséig az állati erő volt. Emlékezzünk vissza, hogy a hám abban a fejlődési stádiumban, amelyet a Kr. e. 3000-ik esztendőig elért, olyan tökéletlen volt, hogy miatta az állati erő

legnagyobb része kárbament. A bronzkorban és a görög-római időkben semmit sem javítottak rajta. A tizedik század második felében Európában az állatok felszerszámozása tekintetében mélyreható változást lehet észrevenni, a tizenkettedik században pedig a hám teljesen modern alakot ölt, amely mentes azoktól a hibáktól, melyeket a második fejezetben leírtunk. Időközben Kr. u. 900 körül megjelenik a patkó, Bizáncban és Európa északnyugati részében csaknem egyidejűleg. Így aztán végre az állatok vontatóerejét teljes mértékben kihasználhatták. Sok helyen gépek hajtására is állati erőt használtak, azokban az iparágakban, melyeket a görög és római idők találmányai nyitottak meg, de amelyek nem nagyon fejlődhettek a hám tökéletlensége és a rabszolgaerő olcsósága miatt.

Ez a három erőforrás, melyet végre észszerűen használtak fel, hallatlan mértékben megváltoztatta a világot. Azelőtt csak kevesen juthattak föl a civilizáció magasabb színvonalára, amely civilizáció a nagyszámú rabszolgán alapult, s azokat nem munkásoknak, hanem csupán erőforrásoknak, gépeknek tekintették. Egy gép azonban, amelyet most már egy célszerűen felszerszámozott ló működtetett, 10 rabszolgával ért fel, egy jó vízikerek vagy malom pedig akár száz rabszolga munkáját is elvégezte. Athénben minden két szabad emberre körülbelül egy rabszolga jutott. Angliában 1086-ban egyedül a gabona-malmok annyi rabszolga munkaerejének egyenértékét szolgáltatták, hogy az ország minden négy vagy öt lakosára egy rabszolga munkaereje esett, pedig a vízierő kihasználása ekkor még gyermekcipőben járt. Ezek az új erőforrások így magas színvonalú, rabszorganélküli civilizáció kialakulá-

sának vetették meg az alapját. S amint ez kibontakozott, a rabszolgaság megszűnt.

A szállítóeszközök tekintetében a lószerszám tökéletesítése távolról sem volt az *egyetlen* nagyobb technikai javítás, melyet a középkor éveiben eszközöltek. Kr. e. a negyedik évezredtől kezdve a késő középkorig a hajók kormányberendezése alapjában véve változatlan maradt. Nem volt ez sokkal több, mint egy evező, melyet a kormányzás céljaira némileg módosítottak. Nagyobb hajóknál a hajó farához kötötték és emelővel látták el, hogy nagyobb mozgási lehetőséget biztosítsanak számára. Az egészet alig tekinthetjük egyébnek, mint annak a berendezésnek nagyobb méretekben való kivitelét, amelyet fatörzsből vájt csónakok kormányzásánál is alkalmaztak. Ennél a csónak farában álló ember a kezében tartott lapáttal kormányzott. A módszer nem volt célszerű. A kormány csak kis mozdulatokat végezhetett és a hullámok ereje nagyon könnyen kitérítette. A Kr. e. 3000-beli kicsi partmenti hajóknál ez a hiba nem sokat jelentett, de amint a hajók nagyobbak lettek, a kormányberendezés egyre fontosabbá vált. Valójában ennek tökéletlensége korlátozta az építendő hajók nagyságát. Persze történtek kísérletek a nehézség legyőzésére. Például több kormánylapátot alkalmaztak, de ezek sohasem bizonyultak igazán megfelelőeknek. Az ilyen tökéletlen kormánysszerkezettel ellátott hajók még kis mértékben sem tudtak szél ellen vitorlázni. Mivel a vitorlázás ilyen kezdetleges volt, sok esetben gályarabokat alkalmaztak, s így a tökéletlen kormánysszerkezet szintén egyik tényezője volt a rabszolgaság fenntartásának. A tizenharmadik században megjelent a modern kormánylapát típusa. A kormány ekkor már a hajó farának erre a célra

kiképzett részéhez, a hajóteknő egy nyúlványához volt szilárdan odaerősítve, s a hajó szerves részét képezte. Mivel mélyen a víz alatt volt, a hullámok nem befolyásolhatták. Ezért aztán jóval nagyobbra készíthették, s ennek megfelelően az egész hajót nagyobbra lehetett építeni. Az új kormányberendezés segítségével most már elég jól tudtak uralkodni a hajó mozdulatai felett, hogy szél ellen vitorlázhassanak. A következő két században a hajózás többezt fejlődött, mint az előző négy évezredben. Az első vitorláshajó feltalálásától az antik világ végéig a hajózás egész fejlődése abban állt, hogy a folyami hajózásról áttértek a kontinensek partjai mentén való vitorlázásra. A megbízható monszunszelek segítségével áthajóztak ugyan az Indiai óceánon, ez azonban az egyetlen nagyon is különleges kivétel volt. 1492-ben azonban, tehát csupán két vagy három évszázaddal a modern kormánylapát feltalálása után, sikerült áthajózni az Atlanti óceánon. A hajózási eszközök tekintetében fontos haladást jelentett az iránytű feltalálása a tizenkettedik században. A belvízi hajózás pedig akkor javult nagymértékben, mikor a tizennegyedik században megjelentek a csatornáknak a kamarazsilipek. Egy kisebb, de jellegzetes szállítóeszközt is feltaláltak a tizenharmadik században, kis távolságokra való szállítás számára: a taligát.

A szállítási lehetőségek ilyen hatalmas átalakulásának természetesen igen nagy társadalmi hatása volt. Az egyik ilyen hatás, amely első pillanatra nem nagyon szembeötlő, az volt, hogy most már lehetővé vált azoknak a természeti erőknél, melyekről már beszéltünk, tudniillik a víznek, szélnek és állati energiának alkalmazását szélesebb körben kiterjeszteni. Hiszen erőgépeket csak akkor

érdemes használni, ha van elég munka, mely alkalmazásukat gazdaságossá teszi. Ez viszont rendszert azzal jár, hogy a munkát jelentékeny távolságból hozzák a géphez. A középkorban a tökéletesített szállítási eszközök és módok lehetővé tették, hogy például a gabonát egy központi vízimalomba, a fatörzseket pedig egy központi fűrészmalomba vigyék. A gyenge szállítási lehetőségek miatt, a régi világnak meg kellett elégednie olyan iparral, amely legnagyobb részét helyhez volt kötve, s amely túl kicsiny méretű volt ahhoz, hogy sok erőgépet tartson üzemben. Így a gépek tökéletesedése, a szállítás javulása és (amint láttuk) a rabszolgaság megszüntetése szoros kapcsolatban vannak egymással.

A szállítások megkönnyítése egyengette az utat az úgynevezett „kereskedelmi forradalom“ felé. A kereskedelem nagy térfoglalásának kora volt ez, amely a késő középkorban kezdődött. Nem telt el sok évszázad és Európa országai megszűntek önellátók lenni. Importáltak nyersanyagokat és készárut, kezdetben fényűzési, később szükségleti cikkeket a világ minden részéből. Ez pedig az ipar és ezzel együtt az egyre hatalmasabb gépi berendezések fejlődésében fontos szerepet játszott. A gépekről későbbi fejezetekben lesz szó.

Az eke tökéletesedése forradalmasította a földművelést. A második fejezetben leírtuk az ekét, amilyen az a bronzkorszakban volt. A tökéletlen forma, melyet később csak a vasból való ekeél (ekevas) hozzáadásával javítottak, a földközítengeri országokban egészen a középkorig használatban maradt. Bár inkább csak kaparta a föld felszínét, könnyen megmunkálható földeken úgy, ahogy megfelelt, de Északnyugat-Európa nehéz talaján hasznavehetetlen volt. Kr. e. 100 előtt (de talán már

400-ban) az ott lakó barbárok sokkalta célszerűbb, nehéz ekét találtak fel. Ezen csoroszlya volt, amely a földet felvágta, kormánylemez, amely a földet megfordította. Kerekei is voltak, melyek segítségével egyenesebb barázdát tudtak szántani s így megkönnyítették a szántóvető dolgát, mert felmentették az alól a munka alól, hogy az ekét mindig a kellő magasságban tartsa. A középkorban véghezvitt sorozatos javítások után a tizenharmadik században az eke lényegileg felvette mai modern alakját. Egy másik fontos mezőgazdasági eszköz a cséphadaró volt. Eddig úgy csépeltek, hogy a kalászkra szarvasmarhát hajtottak, vagy szántalpakat húztak el felettük, melyeknek aljához köveket erősítettek, vagy pedig egyenes botokkal, csapkodták ki a kalászból a szemet. A cséphadaró ezekkel szemben nagy haladást jelentett. Valószínűleg a tizennegyedik században találták fel:

A ruházat az életszükségletek sorában mindigárt az élelem után következik. Természetes tehát, hogy a fejlődésnek ebben az időszakában, a textilegépeknek is alapvető változásokon kellett keresztülmenniök. A szövőszéknél egymást követték a tökéletesítések, melyeknek dátumát pontosan nem ismerjük. Jobb nyüstöket, pedálokat, bordákat találtak fel. A tizennegyedik században további újítás történt. A vetelő számára a bordát csúsztatóban helyezték el, amely irányította és a felvetett fonalakat mentesítette a vetelő súlyától. Európa a középkorban Kínából is kapott egy új, fontos szövőszék-típust, amellyel összetettebb mintákat is lehetett szőni. A gép úgy volt megszerkesztve, hogy a vetelő minden meneténél a felvetett fonalak közül egyes kiválasztott csoportokat emelni vagy süllyeszteni lehetett. Ez a szövőszék Kínában először Kr. e.

kilencedik és a harmadik század között jelent meg, a Közel-Keletre Kr. u. a negyedik században, Európába pedig a középkorban jutott el.

Az orsó a középkor elején még mindig olyan volt, mint amilyent a legrégibb fonók használtak. Most alapvető változtatások történtek, amelyek végül a fonógép feltalálásához vezettek. A selyem a selyemhernyó gubójáról összefüggő szál alakjában jön le, ezért aztán könnyebb vele mechanikusan bánni, mint a lenrostokkal, gyapot- és gyapjúsálakkal. Ezeket a szó szoros értelmében „sodorni“ kell, hogy a sok rövid szál összefüggő fonállá álljon össze. A selyemnél két vagy több szálat csak jól össze kell cérnázni, hogy erős legyen és aztán fel lehet csévélni. Ezeket a műveleteket Bolognában mechanikus úton végezték. Ugyanebben az időtájban kezdett kialakulni a rokka, amelyet még száz évvel ezelőtt minden faluban meg lehetett találni (nálunk még ma is) és múzeumaink ma is tele vannak velük. A rokkánál egy nagy kerékről szalag fut egy kicsi kerékre, amely az orsóhoz van erősítve, úgyhogy, ha a nagy kereket kézzel (vagy később lábbal, lásd V. fejezet) forgatták, a kis kerék és vele együtt az orsó gyors forgásba jött. Eleinte a rokkát nyilván csak az orsózás műveletéhez használták, azaz arra, hogy a primitív guzsallyal már megfont fonalat orsóra vagy csévére tekerjék. De legkésőbb 1298-tól már a fonásra magára is felhasználták, és a tizennegyedik században az ilyen rokkák szélτέben-hosszában elterjedtek. A textilipar egy másik fontos fejlődési fokát már említettük, tudniillik vízierő felhasználását a posztó kallózásához.

A középkorban előállított gépek közül a mechanikus szerkezetű órák voltak a legbonyolultabbak.

Víziórákat már a bronzkorszaktól kezdve használtak. Ezeknél az időt egy edényből kis lyukon kiscsepegő víz mennyiségéből ítélték meg. A görög időkben tökéletesítették, különböző szabályozókkal látták el és mechanikus áttételekkel elérték, hogy az időt egy skála előtt mozgó mutató jelezte. Lehet, hogy még a görög-római időkben (de a hatodik században az araboknál bizonyosan) olyan víziórákat szerkesztettek, melyek minden órában bonyolult bábjátékot hoztak mozgásba. A víziórák azonban sohasem voltak megbízható időmérő eszközök. Mechanikus szerkezetű órák először a tizenharmadik században jelentek meg. Hogy kezdetben milyen szabályozó berendezésük volt, nem tudjuk. De legkésőbb 1348-ig már egészen megfelelő szabályzókat készítettek. Ilyen szabályozás látható az ebből az időből származó Dower Castle órán, amely ma a Dél-Kensington múzeumban van kiállítva. Feljegyzéseink vannak 39 óráról, melyeket 1232 és 1370 között készítettek. Egyik-másik ezek közül nem jelezte az időt folytatólagosan. Legtöbbjé nyilvános óra volt nagyvárosban, s gyakran a székesegyház vagy a monostor épületére szerelték. Ezek az épületek voltak ekkor legtöbbnyire a városi élet középontjai. 1500-ban a legtöbb városnak volt toronyórája. A nyilvános órák fejlődése talán annak a jele, hogy a középkori városi élet szervezettsége már olyan magasfokú volt, hogy szükségessé vált valamelyféle megállapodott időmérés, amelyhez a polgárok dolgaik végzésénél igazodhattak.

Az órakészítés, mégha az első órák nagyok és esetlenek voltak is, sokkal magasabbrendű és pontosabb szakmabeli tudást kívánt, mint akármelyik korábbi gép. A mechanikai téren bekövetkezett későbbi fejlődés sokat köszönhet az órakészítők finom mesterségbeli ügyességének, valamint a ne-

hézipari mérnöki technikának, melyet a malom- és más erőgépek építői fejlesztettek ki.

A középkor legkésőbbi és legforradalmibb vívmánya a könyvnyomtatás volt. Kínában a nyomtatást néhány évszázaddal korábban ismerték, mint Európában, és nem tudjuk biztosan, vajjon Európa Kínától tanulta-e el, vagy attól függetlenül találta fel. Az bizonyos, hogy Európa Kínának köszönheti a nyomtatás egyik alapvető anyagát, a papírost, ezt az egyetlen nyomtatásra alkalmas tulajdonságokkal bíró anyagot, amelyet elég olcsón lehetett előállítani. Kínában Kr. u. 100 körül jelent meg és a hetedik század végéig csakis a kínai birodalomban használták. Ezután 751-ben Szamarkandban tűnt fel. Ez a város a Kínából, az akkoriban virágzó arab birodalomba vezető úton feküdt. A papír elterjedését nyomon követhetjük az Izlam uralma alatt álló országokon át, Bagdadon (793), Egyiptomon (900), Marokkón (1100) keresztül, egész 1150-ig, amikor elérte Spanyolországot, az arab és az európai civilizáció fő érintkezési pontját. Innét 1189-ben Dél-Franciaországba, a tizenharmadik században Itáliába, a tizennegyedik században Németországba jutott el és így tovább.

A nyomtatás feltalálásában három főszakaszt különböztetünk meg. Kezdetben fatömbökről nyomtattak, úgyhogy minden oldal kinyomtatásához külön tömböt kellett kivágni. A következő szakasz a mozgó fabetűkkel való nyomtatás volt. Ha a nyomdásznak az egyes betűkből többszáz másolata volt, azokat összeállíthatta egy keretbe, azaz egymásután minden oldalt kiszedhetett. De a betű többszáz példányát minden betűből külön kellett kifaragni. Az utolsó stádium a mozgatható fémbetűk bevezetése volt. Minden betűt egyetlen öntőformából öntés útján tömegesen állítottak elő.

Kínában a fatömbről való nyomtatás a hatodik században jelent meg, a mozgatható fabetűk a tizenegyedik században, a mozgatható fémbetűk pedig Koreában 1390 körül. Európában ezek a fejlődési fokok jóval később léptek fel. Az Európában használatos technika észrevehetően különbözik a kínaitól, úgyhogy csaknem bizonyos, hogy a találmányt nem importálták egyszerűen Kínából Európába. Ez azonban nem zárja ki, hogy mikor a két civilizáció között sűrűbb érintkezés fejlődött ki, a kínai nyomtatás híre eljuthatott Európába, és egyeseket arra serkentett, hogy megkíséreljék, tudnak-e hasonlókat produkálni.

Európában a nyomtatás első megnyilvánulása fametszetek használata volt, amelyekkel művészi nagybetűket nyomtattak olyan könyvekbe, amelyeket még irnokok kézírással másoltak. Ez a nyomtatási mód 1147-ben egy engelbergi kolostorban tűnik fel. Fatömbről való nyomtatást 1289-ben Ravennában alkamaztak. A tizenötödik században több helyen. úgylátszik, egészen közismert eljárás volt ez, például Brüsszelben, Ulmban, Nordlingenben és Velencében. A mozgatható fémbetűkre való áttérés, úgylátszik, nyomon követte egyszerre több helyen a fatömbről való nyomtatást. 1381-ben Limoges-ban, 1417-ben Antwerpenben, 1435-ben Haarlemben és 1444-ben Avignonban is megtaláljuk. Ez utóbbi helyen ebben az időben, úgylátszik, jól bevezetett eljárás volt. 1436 és 1450 között Gutenberg Mainzban az eljárást annyira tökéletesítette, hogy az utóbbi időpontot úgy tekinthetjük, mint amellyel a modern nyomtatás korszaka kezdetét vette.

A nyomtatás az emberi életre éppen olyan mély hatással volt, mint az erőgépek és a szállítás körébe vágó találmányok, amelyekről már beszéltünk. Az

olvasó könnyen elképzelheti ezeket a hatásokat, ha nyugodtan megfontolja, hogy a modern világban milyen szerepe van a nyomtatásnak, vagy milyen befolyása volt a történelemre, amelynek folyamán a tizenötödik századbéli világból a modern világ kifejlődött. De hadd jegyezzük itt meg, hogy a nyomtatásnak nem csekély része volt abban is, hogy kiküszöbölődött azoknak a fontos ellentmondásoknak egyike, amelyek eddig megakadályozták, hogy az emberi ötletességet amennyire csak lehet, technikai találmányokra fordítsák. Ez az ellentmondás volt az, amely válaszfalat vont a gyakorlati mesterember és a tanult ember között. Láttuk, hogy a társadalmi szerkezet változásai hogyan csökkentették ezt a válaszfalat azáltal, hogy enyhítették az osztálykülönbséget és a gyakorlati dolgokat fontosabbakká és tiszteletreméltóbbakká tették. A nyomtatás elősegítette azt is, hogy a könyvek, melyek eddig a kézzel való másolás költségessége miatt értékes kincsek voltak, a népesség szélesebb osztályai számára hozzáférhetőek lettek. Egy-két évszázad még és a törekvő mesterembernek módjában áll, hogy tanulmányozza a könyvekben összegyűjtött tapasztalatokat és azokat saját problémáira alkalmazza. Olyan forradalom volt ez, amelyet összehasonlíthatunk azzal, amelyet a vas bevezetése indított meg. A vas demokratizálta a fizikai eszközöket: a nyomtatás ugyanezt tette a gondolat eszközeivel. Fontos szerepet játszott abban, hogy a következő évszázadokban a találmányok számaránya megnövekedett.

Az ács eredeti szerszámkészlete, amellyel a sok új gépet előállították, egészben véve nem nagyon változott a régi idők óta, de néhány jellegzetes újítás mégis történt. A furdancs és a kézifúró felvál-

totta az íjjal hajtott fúrót, amely a neolitikus korszak óta állandóan használatban volt. Az esztergapad csaknem biztosan középkori találmány, ámbár egyik-másik író szerint eredete egész a bronzkorszakig megy vissza. A középkorban és egyideig még azután is olyan esztergapadtípus volt használatban, melynél az orsót köréje tekert zsineggel forgatták, úgy, mint az íjjal hajtott fúrót. A zsineg alul egy taposódeszkához volt erősítve, fent pedig egy hajlékony rúdhoz. A kései középkorban jelent meg az a módszer, amely később egészen közönségessé vált, tudniillik az esztergaorsónak és más gépeknek pedállal és forgattyúval való meghajtása. Anyacsavarok, csapszegek és franciakulcsok ugyancsak középkori eredetűek. Bár az említett gépek legnagyobb-részt fából készültek, egyes nagyobb erőhatásnak kitett részeik és a vágóélek fémből kellett, hogy legyenek. A középkori hadviseléshez még sokkal több fémre volt szükség. A korábbi fegyverfajtákhoz a bonyolult páncélruha és a durva kivitelű ágyú járt. A fémek feldolgozásánál már megmutatkoznak azoknak a módszereknek a kezdetei, amelyeknek a legközelebbi egy-két évszázadban az ipart forradalmasítaniok kellett. Például 1350-ben Nürnbergben megjelenik a dróthúzógép, a korai tizenötödik században pedig Németországban a hengermű. De a fémmegmunkálásban a legfontosabb lépés az volt, amikor vízierőt alkalmaztak a nehezebb fémmunkára, ahogy fentebb leírtuk. Vízierőt alkalmaztak a légáramlat létrehozására, amely lehetővé tette a késői középkorban öntöttvas előállítását. Azelőtt, minthogy a kemencékben csak alacsonyabb hőmérsékletet tudtak elérni, a vas szivacsos szerkezetű, salakkal kevert szilárd tömeg lett, amelyből fáradtságos kalapálással kellett a salakot eltávolítani,

hogy a fémeket tömör kovácsolt vassá változtassák. A régi kovácsműhelyekben a fémeket nem lehetett megolvasztani. Kalapálással adták meg neki a kellő alakot, olyan hőmérsékleten, amely elég magas volt ahhoz, hogy az anyagot képlékennyé tegye. Most aztán már géppel hajtott fűjtató segítségével sikerült a fémeket folyékonnyá tenni. Az olvadt fémeket formákba csorgatták és így öntéssel a kívánt cikket sokkal gyorsabban és olcsóbban állították elő. A kohók először a tizennegyedik században jelentek meg, de csak a tizenötödik század vége felé váltak mindennaposakká. Az öntöttvas összetétele és ezzel együtt tulajdonságai is különböznek a kovácsolt vasétól (például törékenyebb) és ezért nem lehetett azokon a területeken alkalmazni, ahol azelőtt főképp kovácsolt vasat használtak. Ettől eltekintve az öntöttvas egyes célokra kiválóan megfelelt és, olcsóságánál fogva, nem csekély mértékben járult hozzá a következő század ipari fellendüléséhez.

A középkor így megváltoztatta az ipar arculatát. Az energia-korszak kezdetét vette és ámbár még hosszú volt az út a ma ismert erőforrások általános alkalmazásáig, a víz, szél és állatok erejével már számtalan olyan munkát végeztek, melyekre azelőtt csak az emberi izomerő állt rendelkezésre. Az élet sok fázisában gépek jutottak szóhoz. Az ember meghitt ismerősei lettek. S mi több, az élet nem egy problémáját sikeresen, mégpedig szembeszökő módon sikeresen, oldották meg. Az emberekben új hit kezdett éledezni. Az új idők szellemét fejezi ki a következő, a tizenharmadik század közepéről származó idézet, melyet Roger Bacon angol szerzetes és tudós írásaiból vettünk:

„ . . . ezért először is beszélni akarok a Művészet és Természet csodálatos alkotásairól, hogy az-

tán majd megadjam okaikat és céljaikat. Nincs ezekben a művekben semmi varázslatos. Sőt láthatjuk, hogy minden varázserő alacsonyabbrendű ezeknél a teljesítményeknél és érdemtelen rájuk... Először is hajózáshoz való gépeket lehet szerkeszteni, nagy folyami és tengeri hajókat, evezősök nélkül, amelyek egyetlen ember vezetése alatt nagyobb sebességgel haladnak, mintha meg volnának rakva evezős emberekkel. Olyan kocsit is lehet csinálni, amely minden állati vontatóerő nélkül kiszámíthatatlan sebességgel mozog... Repülőgépeket is lehet szerkeszteni, melyekben egy ember ül a gép közepén, forgat valamilyen készüléket, miáltal a mesterségesen szerkesztett szárnyak repülő madarak módjára verdesik a levegőt. Lehet olyan kisméretű gépeket is készíteni, melyek szinte mérhetetlen terheket emelnek és süllyesztenek. Egy ilyen gép kimondhatatlanul hasznos lenne... Olyan gépet is lehetne csinálni, amellyel az ember leszállhatna a folyam vagy tenger medrébe, testi veszély nélkül... Még számtalan más dolog van, amelyet meg lehet valósítani. Például folyón átvezető hidakat pillérek vagy hasonló támasztékok nélkül..."

Azok a lehetőségek, amelyekről Bacon beszél, sok évszázadon át nem voltak megvalósíthatók⁹, de azért jól megalapozott spekulációk voltak ezek. Arra a megfigyelésre támaszkodtak, hogy az emberek sok kívánságát gépek segítségével sikerült valóra váltani, mikor a varázslatba vetett remények hiúnak bizonyultak. Ezekben a spekulációkban fellelhetjük az új hit rövid foglatát, amelynek a következő két évszázadban az embereket gyorsabb haladásra kellett serkentenie, olyan élet felé, mely teljesebb, mint bármikor volt az egész régebbi történelemben. Míg Bacon a távoli jövőendő

nagy dolgairól ír, mások közvetlen gyakorlati problémákat ragadnak meg az új hit jegyében, amely hit ama tapasztalaton alapult, hogy ezeket a problémákat meg lehet oldani mechanikai találmányokkal.

V. A MÁSODIK IPARI FORRADALOM

Gyermekkor (1440—1660-ig)

Az új korszak, amelyről ebben a fejezetben lesz szó, a fentebb Baconból vett idézet szellemében fejtette ki tevékenységét. A már ismert gépek használatát nagymértékben kiterjesztették és sok újfajta gépezetet találtak fel. De e korra nézve még jelentősebb, hogy most első ízben történtek kísérletek sok mechanikai probléma megoldására, melyek közül némelyikre még évszázadok múlva sem találtak megoldást. De ha sikertelenek voltak is ebben az időben egyes tudatos próbálkozások, sok későbbi sikernek vetették meg az alapját. Így például, mint alább látni fogjuk, ebben a két évszázadban kezdték az emberek megsejteni a gőzben rejlő hatalmas energiákat és utakat, módokat kerestek arra, hogyan lehetne gépek hajtására befogni. Kudarcot vallottak, de később másoknak az ő tapasztalataikra támaszkodva sikerült gyakorlatilag felhasználható gőzgépeket előállítani. És ha az olvasó a következő fejezeteket figyelemmel kíséri, látni fogja, hogy csak a tizenkilencedik században értek el sikert sok olyan géppel, melyeknél az első próbálkozások már abban a korszakban kezdődtek, amelyről most beszélünk.

Az a törekvés, hogy régi gépeket tökéletesítse-

nek vagy újakat találjanak fel, sokkal tudatosabb lett, mint bármikor azelőtt. Az emberek, akiket a technika haladása érdekelt, tudományos társaságokat kezdtek alapítani. Ezek közül az első az „*Academia Secretorum Naturae*“ (A természet titkaival foglalkozó akadémia) volt, amelyet Nápolyban 1560-ban alapítottak. Ezek a társaságok persze a gépek mellett sok más dolog iránt is érdeklődtek, de figyelmük nagy részét a gépekre vonatkozó ismeretek gyűjtésére és rendszerezésére szentelték, s ezáltal előmozdították szélesebbkörű használatukat és serkentették a feltalálókat. Ebben az időszakban jelentek meg az első gépezetekről és alkalmazott mechanikáról szóló nagy tanulmányok. Így Agricola nagy, kimerítő műve a bányászatról és a kohászátról *De Re Metallica* (1556), amelyből e fejezetnek több illusztrációját vettük, vagy Ramellinek (1588) és Zoncanak (1607) értekezései. E korszak későbbi részében a mechanika tudományos elméletei is kezdenek kialakulni, amelyek általános alapot szolgáltattak a gépszerkesztéssel kapcsolatos különböző problémák megoldására. De ezeket az inkább elméleti szempontokat itt nem tárgyalhatjuk.

Mindezek hátterében a kereskedelemnek az a hatalmas kibontakozása állt, amelyet kereskedelmi forradalomnak nevezünk. A szállítási lehetőségek és a kereskedelem megnövekedésével fokozatosan megszűnt az egyes területeknek az a törekvése, hogy saját lényegbevágó szükségleteiket maguk állítsák elő. Lehetségessé vált, hogy minden terület azoknak a javaknak termelésére specializálja magát, melyekre természet szerint a legalkalmasabb, és a többi javakat úgy szerezze be, hogy saját termékeit más területek vagy országok termé-

keivel kicseréli. Ez aztán módot adott arra, hogy központosított és aránylag nagy méretekben folytatott iparok fejlődjenek ki, amelyek a maguk részéről még erőteljesebb mechanizálást tettek lehetővé.

Ez idők kimagasló mechanikai lángelméje Leonardo da Vinci volt (1452—1519). Egész életén át, sok más érdeklődési köre mellett, állandóan foglalkozott gépek feltalálásával és tökéletesítésével. Gondolatait aprólékosan feljegyezte, akár kész tervekre, akár csupán tapogatózó sejtelmekre vonatkoztak. Ötezer oldalnyi hátrahagyott jegyzeteiben különböző tudományos és technikai tárgyakról van szó, és igen nagy részük gépek leírásával foglalkozik. Nehéz pontosan megállapítani, hogy ezeknek a jegyzeteknek milyen hatása volt az egykorú ipari gyakorlatra. Egyes gépek, melyekről a jegyzetekben vázlatot találunk, talán egykorú, használatban lévő szerkezetek voltak, melyekről korábbi feljegyzés nem volt. Másokat talán ő vezetett be az itáliai iparba, az illető gyárosokkal való közvetlen érintkezés útján. A jegyzeteket csak jóval halála után adták ki, de nagyon sok ember olvasta, akik minden bizonnyal átvették Leonardo ötleteit és átvitték a gyakorlatba anélkül, hogy elismerték volna a vele szemben fennálló kötelezettségüket. Másrészt azonban az a tény, hogy egy találmány, melyről a jegyzetekben vázlatot találunk, valamivel később megjelent a gyakorlatban, még nem bizonyítja, hogy a gondolatot tőle vették át. Ugyanaz az ipari probléma ugyanis, mely Leonardót arra bírta, hogy valamely találmányon dolgozzon, másokat is ugyanerre ösztönözhetett, akik tőle függetlenül esetleg ugyanarra az eredményre bukkanhattak. Akárhogyan is van, az

bizonyos, hogy halála után ötvenegynéhány évvel, a jegyzetekben vázolt találmányok közül sokat tényleg megvalósítottak. Ezek közül a legfontosabb néhány textilipari gép és egy tornyos szélmalom, melyekről még alább beszélünk. Hogy a hosszú listából úgyszólván találomra kiragadjunk egy-két példát, megemlíthetjük Leonardo kerekos kovás pisztolyát, melynek mása a kerekos závarzatú német muskéta, körülbelül 1500-ból, továbbá görgőcsapágysait, amelyek a tizenhatodik században mentek át a gyakorlatba. Azt az ötletét, hogy himbával tegyék egyenletesebbé a szivattyúk hajtását, megtaláljuk Ramelli és Besson értekezéseiben is, akik minden bizonnyal nagyon sokat köszönhetnek Leonardónak. Sok találmánva nagyon hosszú ideig nem valósult meg a gyakorlatban. Ennek néha az volt az oka, hogy a tervek egészen helytelen elvekre támaszkodtak. Ilyen volt például repülőgépe és gépierővel működő szövőszéke. Más esetekben pedig a találmányok ötletei helyes alapokon nyugodtak ugyan, de kivitelezésükhöz olyan mesterségbeli tudásra vagy anyagokra lett volna szükség, melyek abban az időben nem voltak megszerzhetők. Ilyenek például centrifugális szivattyúja, hidraulikus sajtója, vontesövű tűzifecserő, hátultöltő ásvúja. Ezeknél meglehetősen bizonyossággal feltehetjük, hogy későbbi gyakorlati kivitelük Leonardótól függetlenül történt. Ha Leonardo terveit saját korában nem is lehetett átvinni a gyakorlatba, mégis jellegzetesen képviselik ezek a feltalálás szellemét, amely a kort áthatotta s amelyben vele sok nálánál kisebb elme osztozott. Most forduljunk az akkori idők egy másik uralkodó irányzata felé.

Nyilvános órák, ahogy láttuk, 1500-ban már

közönségesek voltak. Az órák fejlődésében a legközelebbi lépés az volt, hogy hajtásukra súly helyett rúgót alkalmaztak. Ezt a nürnbergi Hennlein Péter csinálta először 1490 és 1500 között. Nemsokára ezután megjelentek a hordozható órák. A rúgó azonban új problémákat vetett fel. A régi lengőpálcás, koronakerekes órák feltűnően jól működtek, de csak a súllyal hajtott órák, ahol az erő, melyet a súly kifejt, állandó. Nem így van azonban a rúgó esetében, melynek ereje változó. A problémát részben és ideiglenesen a svájci Zech Jakab találománya oldotta meg, aki a rúgó erejének kiegyenlítésére a rúgóházhoz kapcsolt kúpos csavarmenetet alkalmazott. (1525 és 1540 között.) A végleges megoldásra az ingaóra és a tökéletesített gátló szerkezet feltalálásáig kellett várni.

Mielőtt erre rátérnénk, egy kereskede'mi problémát kell leírnunk, amely a figyelmet az órák tökéletesítésére irányította. A tengerentúli kereskedelem megnövekedése megkövetelte a hajózási módszerek nagyobb pontosságát. Ha a hajók a Földközi tengeren vagy Európa és Afrika partjai mentén észak-dél irányban vitorláztak, a földrajzi szélesség meghatározása, kiegészítve a megtett út csillagászati eszközök nélkül való kiszámításával, a hajó helyzetét a legtöbb célra elég pontosan megadta. A földrajzi szélességet pedig könnyen megtudták határozni csillagászati módszerekkel, melyek a föníciaiak előtt, de lehet, hogy már korábban is, közismertek voltak. De mikor a tizenötödik és a rákövetkező századokban a hajók egyre gyakrabban keltek át kelet-nyugati irányban a nyílt óceánokon, a földrajzi hosszúság pontos megállapítása rendkívül kívánatos lett. A hosszúság hibás becslése legalább is késedelmet, de esetleg valamely váratla-

nul felbukkanó parton hajótörést jelenthetett. Már most a hosszúság meghatározása lényegileg abban áll, hogy a hajón a nap állásából meghatározott időt össze kell hasonlítani valamely fix pont idejével, például a greenwichi idővel. A hajón történő időmeghatározáshoz csak egyszerű csillagászati megfigyelésre van szükség, de a greenwichi idő megállapítása sokkal nehezebb. Két mód lehetséges. Az egyik csillagászati, amely azonban bizonyos asztronómiai események olyan pontos előre való kiszámítását követeli meg, hogy ez a módszer évszázados erőfeszítések után sem vált soha egészen kielégítővé, és így nem is érdekel bennünket. A másik abban áll, hogy a hajó egy pontos mechanikus órát visz magával, amely állandóan a greenwichi idő szerint jár.

Már 1520-ban felmerült a gondolat, hogy mechanikus óra segítségével meg lehet határozni a földrajzi hosszúságot. De sok nehézség merült fel. Ezeket csak jóval az e fejezetben tárgyalt időszak után tudták legyőzni, de nem fog ártani, ha a történetet ezen a helyen mondjuk végig, mert érdekes példája annak, hogy egy későbbi korszak az elért sikert az itt tárgyalt korszak milyen fáradtságos kutató munkájának köszönhette. A lengőpálcás, koronakerekű óra nem volt elég pontos. Az első lépés megbízható óra készítése felé az inga alkalmazása volt. 1593-ban az olasz Galilei felfedezte, hogy ha az inga lengései kis ívben történnek, a lengések ideje állandó, független a lengések ívének hosszától. Galilei tisztában volt azzal, hogy az ingának ez a tulajdonsága a hajózásnál felhasználható. Élete vége felé tervezett is az inga e tulajdonsága alapján egy órát, melyet 1642-ben bekövetkezett halála után, fia részben el is készített.

(Allítólag már 1612-ben Jost Burgi szerkesztett ingaórát, de erre csak nagyon kétes értékű bizonyítékok vannak.) A holland Huygens életének mintegy húsz esztendejét szánta rá, hogy a tengeri hajózáshoz megbízható ingaórát készítsen. Sok fontos, új találmánya felhasználásával két órát állított össze 1657-ben és 1661-ben. De mind ezek, mind az utánuk következő sok próbálkozás, amely 1726-ig folytatódott, nem tudták legyőzni azt a nehézséget, hogy az inga szabályosan viselkedjék a hajó szabálytalan mozgása közben.

A hajszálrúgónak és a billegőnek bevezetése több sikerrel kecsegtetett. Ezeket 1658-ban az angol Hooke találta föl, akinek szintén az órának a hajózásban való felhasználása járt az eszében. Hooke, Huygens és mások minden erejükkel azon voltak, hogy az említett új alkatrészekkel megfelelő tengerészeti órákat készítsenek, de a teljes siker még mindig elmaradt. (Bár időközben a hajszálrúgó és a billegő zsebórákban jól bevált.) A földrajzi hosszúság meghatározásának kérdése egyre égetőbbé vált. Több kormány és magánember jutalmat tűzött ki a probléma megoldására; a legutolsót és legnagyobbat 1714-ben az angol kormány. A díj tízezer fonttól hússzezer fontig terjedt, aszerint, hogy a pályázó milyen tökéletesen oldotta meg a feladatot. Ezek a díjak nagymértékben serkentettek további munkára. 1680-ban Clement, a horgonygátló bevezetésével az eddigi gátlószerkezetet lényegesen megjavította, 1715-ben Graham még további javítást végzett rajta. Az egyik legfontosabb probléma az óra hőmérsékleti kompenzációja volt, tudniillik annak a biztosítása, hogy az óra minden évszakban és minden időjárás mellett egyformán járjon. Csak a tizennyolcadik század

közepén tudták a feladatot megoldani, mégpedig egymástól függetlenül és röviddel egymásután Harrison (Anglia), Le Roy (Franciaország) és Berthoud (Svájc). A brit kormány jutalmát Harrisonnak ítelték oda, aki 1759-ben négy, fokonként egyre tökéletesebb kronométert készített. (Azóta kronométernek hívják a pontos órákat.) A további fejlődés igazi alapjául azonban Le Roy kronométere szolgált, amely 1766-ban készült. 1780 és 1790 között már megállapodott tervek alapján készítettek órákat, és a hajózás a megbízhatóság és biztonság új korszakába lépett.

A textilipar fejlődése, melyről az előbbi fejezetben megemlékeztünk, tovább haladt. A rokka, ahogyan ott leírtuk, olyan volt, hogy a két műveletet, a fonást és az orsózást, felváltva kellett végezni. Az úgynevezett szárny feltalálása lehetővé tette, hogy a két művelet egyszerre menjen végbe. A szárny az orsó körül forog, de attól eltérő sebességgel. Már Leonardo vázlatai között megtalálható, de vannak bizonyos kételyek, hogy az ő ötletei a gyakorlati kivített vajjon egyáltalán befolyásolták-e és mennyiben. 1530-ban Johann Jürgen ténylegesen bevezette a használatát. Jürgen rokkáján még más újítás is volt, az, hogy hajtókarral összekapcsolt pedállal hajtotta, úgyhogy mindkét kéz szabadon dolgozhatott. Ezek a rokkák a század végén általánosan elterjedtek.

A szalagszövőszék a közönséges szövőszék egyik módosulata, amely egyidejűleg több szalagot megszövő. A gépkezelő egy mozdulattal végez el minden egyes műveletet, amely a szalagok elkészítéséhez kell. Ez meglehetősen bonyolult szerkezet és nagy találékonyság kellett a megszerkesztéséhez.

Egy 1629-ben élt velencei író szerint 1579-ben Danzingban találták fel, de a városi tanács, attól félve, hogy a takácsok munka nélkül maradnak, a találmányt nem engedte használatba venni és a feltalálót titokban megfojtatta. 1621-ben Leydenben újra megjelent ez a szövőszék, és a század végén Hollandiában, Németországban, Svájcban, Angliában és Franciaországban használták.

A kötőgép feltalálása is ebbe a korszakba tartozik. Maga a kötés művelete meglepően fiatal találmány, úgylátszik, hogy a tizenötödik század vége felé keletkezett. De már 1589-ben William Lee, egy Nettingham melletti község lelkésze fel talált egy kötőgépet. Nagyon figyelemreméltó teljesítmény volt ez, tekintetbe véve, hogy milyen rövid idő telt el a kézzel való kötés kitalálása óta, és hogy a gépnek milyen rendkívül bonyolult műveleteket kellett végeznie (összehasonlítva például a szövéssel). A kötőgép, bár korántsem volt *teljesen* automatikus, már a legrégibb formájában is sokkal inkább önműködő volt, mint bármelyik ezekből az időkből való gép, amelynek ugyanilyen bonyolult munkát kellett végeznie. A szalagszövőgéppel együtt nagyon nevezetes fejlődést jelent ez a kötőgép azok felé a gépek felé, melyek ma nagyon bonyolult műveleteket végeznek az anyag adagolásától és a gép felügyeletétől eltekintve, minden emberi beavatkozás nélkül.

Jelentékeny haladás történt a különböző textil segédgépek tekintetében is. A vízzel hajtott kallozó gépek jobban elterjedtek. Leonardo vázlatot készített selyemsodráshoz és motolláláshoz való gépezetről is. (Lehet, hogy valamit átvett azokból az 1272-ben Bolognában készített génekből, melyekről az előbbi fejezetben volt szó.) A tizenhato-

dik század vége felé ténylegesen használatba jött gépek azonban lényegesen különböznek Leonardo rajzaitól. Leonardo egy géppel hajtott bogáncsolót is felvázolt a posztó bolyhossá tételére. Ilyen gépeket a tizenhatodik század közepén kezdtek használni. Nem tudjuk, hogy Leonardo tervei szerint készültek-e vagy sem. A gyakorlatba átment bolyhozógép első leírása Zoncától származik 1607-ből, melynek terve általában jobb, mind Leonardóé, de kézzel kellett hajtani.

Ezek voltak az utak és módok, amelyek megvetették a textilipar csodálatos mechanizálásának alapját, s ez egyike volt a legfontosabb tényezőknek, amelyeknek köszönheti Anglia, hogy a tizennyolcadik században az iparban a legelső helyet vívta ki magának.

A nehézipar területén ebben a korszakban fejlődés leginkább a bányászatban és kohászatban mutatkozik. A kereskedelem és az ipar egyre nagyobb térfoglalása megnövelte a keresletet a fémek iránt, s ez volt az oka, hogy ez a két iparág gyorsabban fejlődött, mint bármelyik másik. Hogy a terjeszkedés végbemehessen, s különösen, hogy eleget tehessenek azoknak a követelményeknek, melyek a sokkal nagyobb mélységből való bányászással együttjárnak, hatalmas gépek által hajtott berendezéseket kellett használniok. Agricola „de Re Metallica” című művében (1556) érdekes rajzokat mutat be ilyen, akkor használatban volt gépekről és részletesen ismerteti azok működését. Ezekkel kapcsolatban azonban meg kell jegyeznünk, hogy némelyik nem annyira új találmány, mint inkább egy már meglévő készülék alkalmazási területének kibővítése. A fejlődés nagyon egyenetlen

is volt. Mert ezekkel a korszerűbb gépekkel egyidejűleg sokkal tökéletesebb módszerek is használatban voltak.

A lóval hajtott felvonógép voltaképpen a Kr. e. ötödik századból való lóerővel hajtott gabonamalomból származik, de a lovak a középkori tökéletesített szerszámmal vannak felszerelve. Azonkívül a Kr. e. 200 után használt vízemelőkerék és a Kr. előtti első századból való vízimalom fogaskerékáttételét is felhasználják benne. Az egész gépezet méretei azonban annyira megnövekedtek, hogy joggal jelképezik a műszaki tudomány sokkal nagyobb problémáinak megoldását. Egy 36 láb (kb. 11 méter) átmérőjű vízikerékkel hajtott felvonóról is maradt ábrázolás és valószínűleg ez képviseli a leghatalmasabb gépezetet, melyet a korabeli anyagokkal meg lehetett építeni. Szivattyú helyett használták víz emelésére, de természetesen ugyanígy ércet felemelésére is alkalmazhatták. A vízikerék tetején két vályu van, melyeket a gépész egy-egy zsilippel kinyithatott vagy elzárhatott, olymódon, hogy egyik vagy másik emelőt húzta meg. Aszerint, hogy melyik vályuból ömlött a víz, a kerék egyik vagy másik irányban forgott, s így a gépész a kereket mindig a kívánt irányban forgathatta. Az ércnek a bánya szájától való elszállítására Németországban, legkésőbbben a tizenhatodik század közepén, kezdetleges vaspályát használtak. Az 1500. év körül vízierőt használtak az érc zúzására.

A bányászás legnehezebb problémája azonban a víz kiszivattyúzása volt. Minél mélyebbre hatoltak a bányában, annál jobban fenyegetett a veszély, hogy a víz elárasztja a munkahelyeket. A nehézipari mérnöki tudomány legkiválóbbjai fog-

lalkoztak ebben az időben a bányavíz lecsapolásával. Egy ilyen gépről, melyet Agricola ír le, már megemlékeztünk. Agricola leírja a nyomószivattyú, a szivattyú, a szívókút és a vödörlánc használatát. Ez utóbbi olyan volt, mint amelyet öntözésre használtak, s amelyet a III. fejezetben leírtunk, de azzal a különbséggel, hogy a kötelek és cserépfazekak helyett vasláncokat és vasvödöröket alkalmaztak.

Leír egy kutat is. Ez a kút a nyomókút és a vederlánc egyesítésének fogható fel; az akkori technika színvonalán áll és sok előnye van. A labdák lószórból vannak és akkorák, hogy kitöltik a függőleges cső furatát. A cső felső végét látni lehet, alsó vége lenyúlik az akna fenekén álló vízbe, és amint a lánc felfelé mozog, a labdák maguk előtt tolják a vizet a cső szájához. A nyomókúthban a cső aljának az egész vízoszlop nyomását ki kell bírnia, és nem könnyű dolog megfelelően erős csöveket készíteni. A láncoslabdás kúthban a nyomás legnagyobb része alól a cső mentesül, mert a lánc veszi azt át. A kutat taposómalom útján emberi erő működtette. Emberi erőt ebben a korban még gyakran használtak, néha a taposómalomnál kezdetlegesebb csőrlő vagy hengerkerék hajtására. Másrészt Agricola leír egy chemnitzi telepet, amely három, sorozatosan működő láncoslabdás kútból állt. A legalacsonyabb 660 lábnyira volt a föld színe alatt (körülbelül 200 méter). Az egész telepet négy szakmányban 24 ló tartotta üzemben, ami egész tekintélyes erőt jelent. A szívókútnak az a nagy hátránya, hogy a vizet csak harmincegy-néhány lábnyira (körülbelül 9 méter) tudja fel-emelni. A nehézség legyőzésére van olyan berendezés is, melynél ugyanaz a vízikerek egy sorozat egymásfölé elhelyezett szívókutat működtet.

Agricola azt mondja, hogy 1546 körül találták fel. A kereskedelem és az ipar megnövekedése a városok figyelemreméltó megnagyobbodását eredményezte.¹⁰ Ebből a vízellátás tekintetében új problémák születtek, amelyek eredményeképpen erre a célra is hatalmas szivattyúberendezéseket vezettek be. Amint a már megbeszélte bányamérnöki dolgokban, úgy ebben is Németország vitte a vezető szerepet. Több német városnak már valószínűleg 1500-ban volt figyelemreméltó szivattyútelepe, bár a legkorábbi ismert leírás az augsburgi telepről 1550-ből való. Ebben az időben nagyon bonyolult szivattyúrendszer keletkezett ott. A telepet vízikerekek tartották üzemben és a vizet egy sorozat archimedesi csavar emelte a magasba, fel a víztornyok tetejébe, ahonnan csövekkel osztották szét. Lehet, hogy nyomókutakat is használtak. 1526-ban Toledóban több olyan tervet próbáltak ki siker nélkül, amelyhez pedig nagy reményeket fűztek. 1542-ben Gloucesterben szélmalmost használtak, hogy a városi tartályt vízzel ellássák. Londonnak első, szivattyúval történő vízellátásáról egy gép gondoskodott, amelyet egy Peter Morice¹¹ nevű német mérnök állított fel a London Bridge mellett. Ezt a gépet az árapály ereje hajtotta. Utána ezt Londonban más berendezések követték. Párizs első vízművei 1608-ban épültek, stb.

Az ebben a fejezetben már leírt, géppel hajtott üzemek és az előző fejezetben említettek használatának nagymértékű kiterjesztése mellett, most sok más iparágat is gépesítettek. Például a papírgyártást, a puskaporgyártást, a szeg- és kardgyártást és a kohászat legtöbb ágát. Így egyre nagyobb lett a kereslet több és hatalmasabb erőforrás iránt. Sok és elszánt kísérlet történt, hogy új erőforrások-

kat találjanak, vagy a régieket tökéletesítsék. De a feladat olyan nehéz volt, hogy mindent összevéve, említésreméltó sikereket nem értek el, egészen annak a korszaknak az eljöveteleig, amelyről a következő fejezetben lesz szó. Amint az anyagok és a szerkesztési módszerek megjavultak, a vízikerekek nagyobbak lettek, míg végre a tizenhetedik század elején 20 lóerő teljesítményű vízikerekek is használatban voltak. Különböző módosításokat próbáltak ki rajtuk, s ezek a vízturbina kifejlődésének előfutárai voltak. (Lásd VII. fejezet.) A szélmalmok is megnagyobbodtak és egy alapvető újítás következtében erejük nagyon megnövekedett. A korábbi típusnál az egész szerkezet egy tengely körül foroghatott, hogy a kerék mindig a széllel szemben állhasson. Emiatt aztán a malmot nem lehetett nagyméretűre építeni. Az újabb típusban az egész gépezet egy szilárdan megépített toronyban foglal helyet, kivéve a szélkereket és az összekötő fogaskereket, amely a torony forgatható felső kúpjában van elhelyezve. Ezzel a berendezéssel 6—14 lóerőt lehetett elérni; a korábbi szerkezet 2—8 lóerőnyi teljesítményével szemben. A találmány forrása bizonytalan. Lehet, hogy több, egymástól független feltaláló eszelte ki. Leonardo jegyzetei között vázlatok vannak, Ramelli pedig (1588-ban) teljes rajzot készített róla, de a tornyos szélmalom általános kifejlődése, a tizenhatodik század vége felé, holland mérnököknek köszönhető.

Az energia iránti kereslet lassan, de biztosan növekedett, úgyhogy még ezek az erőforrások is elégteleneknek bizonyultak, és az emberek újak után kezdtek kutatni. A gőzben rejlő nagy energiát egy-két évszázadon át bizonyára sejtették, de a ha-

todik század közepéig nem történt komoly kísérlet, hogy munkára fogják. Az embereknek nem volt világos fogalmuk a gőz természetéről és tulajdonságairól; például a levegőtől sem tudták jól megkülönböztetni. 1550-től kezdve azonban, és még inkább a tizenhetedik században, hozzáfogtak a gőz tulajdonságainak kikutatásához és módokat kerestek erejének felhasználására. A korábbi kísérleteknek nem volt gyakorlati értékük, de jól mutatják, hogy az emberek tudatosan keresték a lehetőséget a gőz megzabolázására, és az ezúton szerzett tapasztalatoknak köszönhető, hogy végül sikerült használható gőzgépet készíteni. Baptista Porta 1560-ban leírt egy módszert, hogyan lehet gőz kondenzációja útján vizet magasba emelni. Ez a módszer az alapja a Worcester- és Savery-gépeknek, melyekről később lesz szó. De Caus 1615-ben leírt egy gözerővel működő szökőkutat. Ennek működése nagyon hasonlított ahhoz, mint mikor a kannában levő forróvíz gőze kibuggyantja a vizet a kifolyó csövön, ha a kanna fedője szorosan le van zárva. 1629-ben Branca utalt az akciós turbina lehetőségére. Nem volt ez gyakorlati javaslat, de a rajzból mintha az derülne ki, hogy a gőzhöz, mint ipari erőforráshoz bizonyos reményeket fűzött. Worcester örgrófja *Találmányok százada* című művében (írta 1655-ben, kiadták 1663-ban) leír egy szökőkutak működtetésére való gőzgépet. Hogy a gép szerkezete titokban maradjon, a leírás kifejezései szándékosan homályosak.

Nem tudjuk biztosan, hogy ezt a gépet megépítették-e, vagy sem, de a terv, legalább is ilyen

szorosan körülírt célra, alapjában véve egészséges, — ha ugyan hasonlított azokhoz a rekonstrukciókhoz, melyeket az ő homályos leírásai alapján összeállítottak. A gép, ügylátszik, némileg hasonlított Savery gépjéhez, amelyről a következő fejezetben lesz szó. Noha ezek a kísérletek egyre jobban megközelítették a célt, mégis évtizedeknek kellett eltelni, míg megjelent az első munkaképes gőzgép, és a kutatás csak azután kapott új lendületet, mikor Angliában társadalmi változások következtek be.

Közben a technikai vívmányok, melyeket ebben és az előző fejezetben leírtunk, újból visszahatottak a társadalom szerkezetére. Az ipar az egész középkorban a mezőgazdaság függvénye volt, alárendelt szerepet játszott mellette. Ennek megfelelően a politikai és a gazdasági hatalom főképp a hűbérurak kezében összpontosult, mert hiszen ők uralkodtak a földbirtokon és a rajta élő munkásokon. Az ipari termelés tipikus egysége a független mesterember volt, aki saját szerszámokkal és műhellyel rendelkezett. A mestert munkájában rendszerint néhány tanonc és esetleg egy vagy két, fizetésért dolgozó segéd támogatta. De ezek csak úgy tekintették a dolgot, mint előkészületet arra a nem nagyon távoli időre, mikor ők maguk is mesterek lesznek. Ahol az ipar bizonyos fokig központosítva volt, a mesterek céhekbe szervezkedtek. A céhek megállapítottak mesterségbeli szabványokat, gondoskodtak róla, hogy a tanoncok megfelelő gyakorlatot szerezzenek, mielőtt segédekké vagy mesterekké lesznek, megvédték az egyes iparágakat a kívülállók beözönlésétől, s minden tekintetben óvták az iparágak színvonalát. Az ipari szervezetnek ez a formája uralkodott a legtöbb iparágban hosszú ideig még a középkor után is.

A középkor vége előtt azonban az ipar új formája kezdett megjeleni, kezdetben szinte félénken, szűk keretek között. Az ebben a fejezetben tárgyalt időszak folyamán azonban nagy léptekkel haladt előre, hogy végül az egész gazdasági rendszer felett megszerezze az uralmat.

A nehéz gépi berendezéseket, melyeket leírtunk, csak úgy lehetett megfelelően kihasználni, ha nagyszámú munkás dolgozott együtt. Ez a tény képezte a gyárrendszer kibontakozásának alapját. Ennél a rendszernél a szükséges gépeket gyárba gyűjtik, amely egy ember, egy „kapitalista“ vagy több ilyen ember tulajdonát képezi. A kapitalista takarékoság útján vagy más módon megszerezte a gépek és a gyár megépítéséhez szükséges tőkét. A gyárban a munkát bérért dolgozó alkalmazottak végezték, akiknél, ellentétben a céhrendszer segédeivel, nem nagyon volt valószínű, hogy valaha munkaadók lesznek.

Az iparnak ez a kapitalista típusa először természetesen azokban az iparágakban jelent meg, ahol leginkább volt szükség nehéz gépi berendezésre, tehát főképpen a bányászatban és a kohászatban.

De azért még a középkor vége előtt is találunk alkalmilag példákat más iparágakban is. Így 1371-ben Amiensben működött egy szövőgyár 120 takáccsal. 1450 körül Nürnbergben ugyanennyi nyomdással egy könyvnyomtató üzem. A tizenhatodik század elején a híres newbury-i Jack 200 szövőszékkel működő szövőgyárat épített, amelyben mintegy 600 munkást alkalmazott. 1660 előtt az ilyen nagyméretű vállalatok, melyekhez jelentős tőke felhalmozására volt szükség, mindennaposabbak lettek különösen Angliában. Erzsébet uralkodása kez-

detén bányászáshoz körülbelül 100 font tőke kellett, a Stuartok alatt már többezer. A kohók, melyekhez többezer font tőkére volt szükség, a tizenhetedik század közepén jelentek meg. 1649-ben két kapitalista 6000 fontot költött egy rézhuzalüzemre Esherben.

I. Károly alatt egy londoni serfözde 10.000 font tőkével rendelkezett. De ezek mind csak előfutárai a gyáripari rendszerre való nagy átalakulásnak, ami a tizennyolcadik és tizenkilencedik században ment végbe.

Ilyen vállalatokkal a régimódi céhbeli mesteremberek nem versenyezhettek. Abban a súlyos veszítik önállóságukat és pusztán alkalmazottak lesznek, legrosszabb esetben pedig egész megélhetésük megy veszendőbe, ha bekövetkezik, hogy a piacok felvevőképessége nem tud majd lépést tartani a gyorsabb ütemű termeléssel és munkanélküliség keletkezik.

Természetes tehát, hogy szembehelyezkedtek az ipar új kapitalista rendszerével és hogy elterjedését megakadályozzák, felhasználták a céhek igen nagy politikai hatalmát. Azt is látták, hogy a gépek előretörése kedvez a kapitalista iparnak s az ő mesterségük rovására megy. Ezért arra törekedtek, hogy meggátolják a gépek használatát. Egy ilyen esetet — a szalagszövőszék „elsüllyesztését” Danzigban 1579-ben — már szóvátettünk. Hasonló eset történt 1397-ben Kölnben, ahol a szabóknak megtiltották, hogy gombostűsajtóláshoz gépeket használjanak. Az angol parlament a céhek nyomására 1553-ban eltiltotta a géppel hajtott hengermalmokat.

1623—24-ben I. Károly király elrendelte, hogy a tűgyártógépeket meg kell semmisíteni. Az

ilyen ellenállásnak természetesen sohasem sikerülhetett a technika haladását megállítania, de a fejlődést eléggé hátráltatta s így fontos tényezője lett annak, hogy szükségessé váltak a társadalmi rendben azok a változások, melyekről a következő fejezetben lesz szó.

VI. A MASODIK IPARI FORRADALOM

Ifjúkor (1660—1815)

Az eddig elmondottakban a feltalálók között kevés angol névvel találkoztunk. Egyesek úgy kerültek szóba, hogy például a kronométer történetének elmondásánál jócskán túlmentünk azon a korszakon, amelyet az előbbi fejezet tárgyalt. Mások pedig, mint Lee (akinek 1589-ből való kötőgépe az első nevezetes angol mechanikai találmány), Hooke és Worcester a kérdéses korszaknak csak a vége felé lépnek fel. A jelenlegi fejezetben azonban angol nevek olyan sűrűn fordulnak elő, hogy a többit szinte kiszorítják. Ez a hirtelen fordulat azokat a nagy szociális változásokat tükrözi vissza, amelyek először Angliában mentek végbe.

Ha Anglia eddig nem is foglalt el előkelő helyet a mechanikai találmányok terén, de azért a tizenhatodik század közepétől kezdve rendkívül gyors léptekkel haladt előre az ilyen találmányok ipari alkalmazásának elterjesztésében. Már említettünk néhány nagy ipari vállalatot, amely a tizenhetedik század elején Angliában keletkezett. Ezekhez hasonlóan külföldről kerültek Angliába 1540 és 1600 között az első papír- és lőpormalmok, ágyúgyárak, timsó- és rézgálicgyárak és cukorfinomítók. Néhány ezek közül az iparágak közül már korábban is

létezett Angliában, de kisipari, nem gyári alapon. Az évi átlagos széntermelés az 1551-től 1560-ig terjedő évtizedben 210.000 tonna volt és az 1681—90 évtizedig 2,982.000 tonnára emelkedett. A kereskedelmi hajók száma is rohamosan emelkedett. 1545-ben 35, 1588-ban 183, 1629-ben 350 darab 100 tonnásnál nagyobb kereskedelmi hajója volt Angliának. Az új angol hajók technikailag is felette álltak az öregebb merkantil országok hajóinak, s ez egyik főoka volt a spanyol armada megsemmisítő vereségének 1588-ban. A brit kereskedelmi tengerészek új, kitűnő hajóikkal az egész világot bejárták, mindenütt kereskedelmi tevékenységet fejtettek ki, s ez szükségszerűen együttjárt az ipar terjeszkedésével.

Így az 1640 előtt eltelt száz esztendőben Anglia Európának iparban és kereskedelemben egyik legelmaradottabb országából a leggyorsabban fejlődő országává alakult át. Ez vezetett a már említett nagy ellentmondásra, a társadalmi szerkezet és az ipar új formái között, melyeket a fejlettebb mechanikai módszerek megköveteltek. Ebben az időben Anglia politikailag már túljutott a szorosan vett hűbériségen. De a feudális alap megmaradt és igyekezett az ipari és technikai haladást korlátok közé szorítani. Az előző fejezetben említett korlátozó módszerek mellett másokat is alkalmaztak. Így például egyre sűrűbben történt, hogy ennek vagy annak a cikknek gyártására vagy eladására monopóliumot adtak. Néha azért, hogy egyeseket valamelyik hátramaradt iparág előmozdítására serkentessenek, gyakrabban azonban az udvar kegyeltjeinek jutalmazására. Ez valójában kísérlet volt arra, hogy az új ipari nyereségeket a hűbéres felsőbb osztályok hasznára fordítsák. Helyi vámok és adók útjában álltak a kereskedelemnek, amelynek szabad nö-

vekedése az új ipari módszerek teljes kihasználásának lényeges feltétele volt. A feudális korlátozások meggátolták szabad piac teremtését és így tovább. Ilyen és más kérdések körül a tizenhetedik században nagy politikai harcok tomboltak. Tetőpontjukat abban a forradalomban érték el, amelyik 1640-ben kezdődött s néhány év alatt a régi politikai rendszert újjal helyettesítette. Ez aztán a legtöbb régi korlátozást megszüntette. A politikai hatalom most legnagyobb részben a kapitalista vagy „burzsoá” osztály kezeibe ment át. Ez az oka, hogy ezt a forradalmat úgy emlegetik, mint „burzsoá forradalmat”. Az itt adott leírás a dolgot nagyon is leegyszerűsíti. Hogy csak egy körülményt említsünk, a forradalom Angliában nem ment végbe néhány esztendő leforgása alatt, mint később más országokban. További átalakulásoknak kellett történniök, különösen 1688-ban, és a forradalom kiteljesedéséhez közel 200 esztendőre volt szükség. Az olvasó könnyen abba a veszélybe juthat, hogy a dolgokról eltorzult képet kap, ha nem olvas el kimerítőbb leírásokat is. Elmulasztja különösen annak a számtalan egyéb tényezőnek megismerését, amely az ipar mechanizálása mellett közrejátszott a forradalom létrehozásában.

Az új társadalmi szerkezetben, amely nagyjában megszabadult a hűbéres korlátozásoktól és amelyben a hatalom a gyárosok kezeibe ment át, az angol ipar példátlanul magas színvonalra küzdött fel magát. Minthogy több mint egy évszázadon át Anglia volt az első ország, amelyik ezt a fejlődést végigcsinálta, ebben az időszakban nem is volt komoly vetélytársa. Az ipar terjeszkedésével együtt járt a találmányok számának növekedése, hiszen az ipar által támasztott sok új pro-

blémát meg kellett oldani. Ez az oka, hogy több mint egy századon át a feltalálók listáján szinte kizárólag angol neveket találunk.

A legfőbb mechanikai feladat még mindig a szivattyúzás volt, egyrészt bányák víztelenítésére, másrészt helységek vízzel való ellátására. Szénbányákban 1700-ban 400 láb (122 méter), 1750-ben 600 láb (183 m) mélységet értek el és a mélység növekedésével a szivattyúzás problémája egyre égetőbb lett. Egy angol bányaüzem vezetője 1702-ben 500 lóerőt használt fel szivattyúzásra. Hogy a nehézséget legyőzzék, a szivattyúkon sok javítást eszközöltek. Ezek azonban kevésbé érdekelnek itt bennünket, mint az, hogy a szivattyúzás problémája milyen szerepet játszott abban, hogy a gőzerő felhasználására irányuló kísérleteket végül siker koronázta.

Savery gőzgépe, melyet 1698-ban szabadalmaztak, volt az első, amely bizonyos fokú gyakorlati sikerrel járt. A bányavízprobléma megoldására szánták, amint ez az 1702-ben kelt „A bányász barátja” című röpiratból kiviláglik. Erre a célra azonban nem felelt meg, a feljegyzések szerint nem is használták, csak egyetlen bányában, pedig vidéki házak vízzel való ellátására többet gyártottak belőle. A Worcester- és Savery-gépek a gőzerő kihasználását úgy érik el, hogy egyrészt a gőz segítségével légüres teret állítanak elő, másrészt pedig a gőz expanzív erejét értékesítik. Hogy azonban igazán megfelelő gőzgépet tudjanak szerkeszteni, ahhoz még más lényegbevágó alkatrészre is szükség volt; tudniillik dugattyúra és hengerre. Érdekes és említésre méltó, hogy a gőzgép megnyit köszönhet a szivattyúzás problémájának. A szivattyúzás szükségessége nemcsak siettette a

gőzgép megteremtését, hanem a dugattyú és a henger, mint a kút és a szivattyúgépezetek alkatrésze, mindenki előtt jólismert dolog lett, amint ezek alkalmazása egyre nagyobb mértékben elterjedt. Ezenkívül a légüres térrel és a légnyomással összefüggő szükséges ismeretek, melyeket a tizenhatodik század közepétől fogva különböző tudósok kidolgoztak, eredetileg ugyancsak a szívókút működésének tanulmányozásából származtak. Huygens, akit már a kronométerrel kapcsolatban említettünk, már 1680-ban próbált egy hengerrel és dugattyúval működő gépet készíteni, amelyet felrobbanó puska-por ereje hajtott volna. A kísérlet természetesen kudarcot vallott, de Papinnek azt az ötletet adta, hogy hasonló, de gőzzel hajtott szerkezetet használjon. Az ő kezdetleges „gépe“, melyet 1690 körül szerkesztett, úgy működött, hogy a gőz expanzív erejével magasba nyomott egy függőleges helyzetű hengerben mozgó dugattyút, melyet aztán a külső légnyomás előbbi helyzetébe tolt vissza, miután a hengerben a gőz lecsapódása folytán légüres tér keletkezett. A gépnek nem volt kazánja, a víz nyilván a henger aljában állott. Úgy változtatták gőzzé, hogy a henger alá tüzet tettek; a gőzt pedig úgy kondenzálták újra vízzé, hogy a tüzet elvitték. A gép ezért nem is vált be a gyakorlatban.

Gyakorlati eredményt csak akkor értek el, mikor Newcomen rájött arra, hogyan lehet a dugattyút és a hengert a Savery-féle gép különálló kazánjával összekapcsolni és hogyan lehet a gőz beömlését és eltávolítását megfelelő szelepekkel irányítani. Nincs tisztázva, hogy mennyit tudott Newcomen Papin gépéről vagy egyéb kísérletekről, amelyeket Papin és mások hengerrel, dugattyúval és légüres térrel végeztek, de valószínű,

hogy volt kapcsolat közöttük. Newcomen már 1705 előtt dolgozott találmányán, de az első gép, melynek szerkezetét határozottan ismerjük, 1712-ből való.

A Newcomen-féle gép valóban használható. Hátránya, hogy nagyon sok tüzelőt fogyasztott, de ettől eltekintve, bányák szivattyúzására hathatós eszköznek bizonyult. Gyorsan el is terjedt. 1714-ben további három gépet építettek, 1720-ban a cornwalli ónbányákban általánosan használták. 1769-ben Észak-Angliában 100 ilyen gép volt üzemben, s közülük 57 a newcastle-i szénbányavidéken. Még 1830-ban is, 60 évvel azután, hogy Watt az ő sokkal tökéletesebb gőzgépét feltalálta, Newcomen gépeit még mindig használták, természetesen csak szénbányákban, ahol alacsonyértékű hulladéktüzelőanyag állt rendelkezésre.

Időközben a tizennyolcadik század szemtanuja volt, hogyan alakult át Anglia több fő iparága helyi vagy háziiparból gépesített gyáriparrá. A legmeglepőbb átalakulás a textiliparban ment végbe. A század elején a lanceshire-i textiliparban száz és száz szövő- és fonómunkás dolgozott saját otthonában; megvásárolta a nyersanyagot a „gyártóktól“ és ugyanazoknak adta el a kész árut. Az első nagy változást John Kay találmánya, a „repülő vetéő“ idézte elő 1733-ban. Azelőtt a vetélőt a takács egyik kezéből a másikba dobta át a láncfonalak hálózatán keresztül. A repülő vetélő, amint a neve is mutatja, szabadon repül át az egyik oldalon levő ládából a másik oldalon levő ládába és a szerkezetet, amely mozgatja, a takács egyik kezében tartott zsineggel igazgatja. A repülő vetélő használata nem csekély ügyességet kívánt, de ha a takács ezt megszerezte, egyrészt szélesebb szöve-

tet tudott szőni vele, másrészt azáltal, hogy egyik keze szabadon maradt a szövéshez szükséges egyéb teendők számára, teljesítménye körülbelül megkétszereződött. Csak lassan terjedt el. Anglia egyes részeiben még 1820-ban is kevesen használták. Lancashire-ben azonban már 1760 körül mindenütt ezt vezették be, aminek közvetlen hatása az volt, hogy a fonók nagyon nehezen tudtak eleget tenni a megnövekedett keresletnek. Így az 1760 utáni évtizedben egész sor új találmányt látunk, amelyek a házirokka teljesítőképességének fokozását célozzák.

A fonás terén azonban sokkal gyökeresebb változtatásokra volt szükség és az első ilyen már jóval korábban bekövetkezett. A fonásnál az első lépés az, hogy a szálakat párhuzamosan kell elrendezni, s azután kihúzni őket, míg megfelelő vastagságú laza fonalat alkotnak, melyet aztán a csévén összesodornak. A kihúzást azelőtt kézzel csinálták. 1738-ban Lewis Paul szabadalmat kapott egy fonógépre, amely a szálakat úgy húzta ki, hogy azokat görgőpárok között csúsztatta át. Azt mondják, de erre nincs határozott bizonyíték, hogy Wyatt 1730-ban hasonló gondolatra jött és 1733-ban szerkesztett is egy ilyen gépet. 1741-ben Wyatt és Paul ezen a gondolon alapuló fonóműhelyt tartottak üzemben, amely 10 leányt foglalkoztatott. A gépeket csörlő hajtotta, amelyet két számár forgatott körbe.

A leggyorsabb fejlődés azonban akkor következett be, amikor a repülő vetélő általános elterjedése a fonál után való keresletet nagymértékben megnövelte. Az első találmány Hargreave fonógépe, a „fonó jenny“ volt (Magyarországon „szelfaktor“ néven ismerik), amelynél egy gépkezelő

eleinte nyolc, később nyolcvan vagy még több orsót kezelt. Ebben a gépben már a modern „öszvér“ lényeges alkatrészeit megtaláljuk, kivéve, hogy bizonyos műveleteket kézzel kellett végezni, a gép nem végezte automatikusan, mint manapság. Nem voltak görgői és szárnya, úgyhogy a kihúzás, a sodrás és a felcsévélés közbeeső szünetekkel történt. Valószínűleg 1764 körül tervezte meg a feltaláló és 1768-ban tökéletesítette. 1769-ben Arkwright feltalálta az ő „rigónak“ vagy „vízi“-szerkezetnek nevezett fonógépét, mely állati vagy vízierőüzemre volt berendezve. Ő görgőket és szárnyat használt és különböző javítások után sokkal erősebb fonalat állított elő, mint amilyent azeelőtt tudtak. Azeelőtt a gyapotfonál olyan tökéletlen volt, hogy a szövésnél csak keresztszálnak lehetett felhasználni, hosszanti szálnak lenfonalat kellett alkalmazni. Arkwright gépe lehetővé tette a tiszta gyapotból való szövetek előállítását. Crompton ötévi munka után, 1779-ben befejezte találmányát, egy gépét, amely Hargreave és Arkwright gépének legjobb tulajdonságait egyesítette. Átvette Arkwright görgőit és Hargreave orsóit szárnyak nélkül és ezzel az összeállítással az eddiginél sokkal finomabb fonalat tudott előállítani. Mivel ez a gép két korábbi gép keresztezése volt, fonó „öszvér“ néven ismerték. 1790 óta kísérletek történtek arra, hogy az „öszvért“ automatikussá tegyék, de ezek 1825-ig sikertelenek maradtak. 1830 és 1833 között Thorpe és Mason bevezették a gyűrűs fonást, amely ma is még a legfőbb fonási rendszer, kivéve a finom, lágy gyapjúfonál fonását.

Ezeknek a gépeknek erősen megnövekedett teljesítőképessége csakhamar átalakította a fonó-

ipart, különösen a gőzerő felhasználása után. A háziipar átadta helyét a gyárnak, ahol száz és száz fonómunkás bér munkásként dolgozott a gyártulajdonosnak. A gyárak tucatjával nőttek ki a földből a folyók mellett, amelyek vízierővel látták el őket. 1811-ben 310.500 orsó volt Angliában, amely Arkwright-gépekben működött, 4,600.000 Crompton-féle „öszvéreken“ és 156.000 Hargreave „jennyken“. 1761-ben a manchesteri pamutipar olyan jelentéktelen volt, hogy a város fő iparágait reprezentáló felvonulásban a pamutipari munkások nem is vettek részt. 1774-ben már 30.000 munkás dolgozott ebben az iparban Manchesterben és környékén.

Mivel így a fonóipar teljesítőképessége nagy ugrásokkal emelkedett, most már a takácsok vették észre, hogy nem tudnak vele lépést tartani. A figyelem újra arra irányult, hogyan lehetne gépi-erővel hajtott szövőszéket szerkeszteni. Emlékezzünk vissza, hogy már Leonardo tervezett egy ilyen szövőszéket, bár az ő elképzelése a dolog természeténél fogva kivihetetlen volt. A tizenhetedik században újabb kísérletek történtek, de hiányoztak azok a gépi elemek, amelyeket kombinálni kellett volna, hogy jó teljesítőképességű gépet kapjanak. Kay és mások a szalagszövőszéket tökéletesítették, úgyhogy az 1745-ben lényegében automatikus lett, és körülbelül egy évtizeddel később az automatikus szövés lényeges kellékeit magában foglalta. A legfőbb, még megoldatlan probléma a vetélő irányítása volt széles szövetek szövésénél, és Kay 1733-ból való repülő vetélője szolgáltatott alapot a megoldásra. Ezekkel a rendelkezésre álló géprészekkel új és új kísérletek történtek. 1774-ben Barber némi haladást ért el, de 1787-ben Rev.

Edmund Cartwright tette meg a legfontosabb lépést. Az ő szövőszéke testesíti meg azokat a fő elveket, amelyeken a ma használatban levő, gépi-erővel hajtott szövőszékek alapulnak. Gépét itt-ott használták, de csak sorozatos javítások után lett annyira tökéletes, hogy mindenütt bevezették. A javítások Radcliff (1802), Johnson (1803—05), Auste (1789-től) és Horrocks (1810-től) nevéhez fűződnek.

Horrocks javításai jelentették a döntő lépést az általánosan használható gép felé. 1822 után az ő szövőszékét alkalmazták a rendszeres gyártásnál. A gépi-erővel hajtott szövőszékek száma Angliában 1813-ban csak 2400 volt, 1820-ban már 12.150, de a tökéletesített szövőszékek megjelenése után 1829-ig ez a szám 45.550-ra és 1833-ig 85.000-re emelkedett. A Northorp szövőszékek, melyekben az üres vetélők automatikusan kicserélődnek, 1892-ben jelentek meg.

Mindez csak a sima szövetet szövő, közönséges szövőszékre vonatkozik. Időközben a különböző mintás szövetet szövő szövőszékek másutt hosszú fejlődésen mentek át, és a tökéletesség tetőfokát 1804 körül a Jacquard szövőszékben érték el, amely nevét francia feltalálója után kapta. Ennél a felvetett fonalak különböző csoportjainak emelése és süllyesztése, miáltal bonyolult minták szövése válik lehetővé, automatikusan, megfelelően lyuggatott kartonlapok segítségével történik.

Ugyanebben az időben a textilipari termelés segédfokozatait is gyors egymásutánban gépesítették. 1748-ban Paul egy gerebenezőgépet szabadalmaztatott, s ugyanekkor Kay egy másikat szerkesztett. 1783-ban Bell feltalált egy gyapotpréselőgépet. Amerikában 1792- és 1793-ban modern

típusú nyírógépeket szabadalmaztak. A fésülőgépet Heilman találta fel 1850-ben.

Ezeknek a gépeknek a segítségével a brit szövőipari termelés a tizennyolcadik század közepe és a tizenkilencedik század vége közötti időben többszázszorosára emelkedett. Magához ragadta az egész világ piacait, amint ezt a következő táblázat világosan mutatja.

Év	Gyapotárnk, gyapjúfonalak stb. kivitelének értéke	
1701	23.253	angol font
1751	45.986	„ „
1780	355.000	„ „
1790	1,662.369	„ „
1800	5,406.501	„ „
1820	20,509.926	„ „
1860	52,012.430	„ „
1870	71,416.345	„ „

Az utolsó év után a szám egy ideig nem változott, aztán lassan csökkent. A hanyatlást részben más országok ipari erejének növekedése okozta, ami megszüntette Anglia világmonopóliumát, részben pedig az, hogy Anglia új vetélytársaival szemben technikailag hátramaradt. A legutóbbi években például Lancashire-ben a szövőszékeknek csak öt százaléka volt automatikus, míg ugyanekkor az Egyesült Államokban kilencvenöt százaléka, pedig a lancashire-i pamutgyártógépeknek több mint felét 1910 előtt állították munkába.

Bár krónikánkban jóval túlhaladtunk a szóbanforgó időpontra, világos, hogy az 1770-es évekig a pamutipar nagymértékű gépesítése a meglévő erőforrások komoly megterhelését jelentette.

Ugyanez volt az eset más iparokban is. A legtöbb azonban nem dicsekedhetik olyan látványos, pompás találmányokkal, mint a textilipar. A többinél inkább csak a már ismert gépek nagysága és kapacitása, az üzembentartásukhoz felhasznált erő növekedett, és a kisipar, valamint a háziipar adta át a helyét egyre nagyobb mértékben a gyáriparnak. Például a fazekasipar a tizennyolcadik században egyre jobban kihasználta a szél- és vízierőt, olyan célokra, mint kovakövek csiszolása és zúzása, zománcfestékek őrlése és agyagfajták keverése. A városok növekedésével a gabonaőrlőmalmok is nagyobbak lettek. És így ment ez végig az összes iparokon. Csak a fémkohászatban és a nehéz műszaki iparban (a század végén a könnyű műszaki iparban is) volt a fejlődés olyan látványos, mint a textiliparban. Az ipari fejlődés minden ága, melyet említettünk, azonkívül a hajózás, a hídépítés fejlődése, a gőzgép fokozatos tökéletesítése rendkívüli követelményeket támasztott a fémkohászattal és a műszaki iparral szemben. Nagyobb kemencékre és ezekhez nagyobb fújtatókra, hatalmasabb hengerművekre, fúrógépekre stb. volt szükség. Mindezeknek üzembentartásához pedig egyre több energia kellett.

Ilyen légkörben az emberek a tizennyolcadik század közepén komoly próbálkozásokba kezdtek, hogy az ismert erőforrásoknak, a víznek, a szélnek, az állati erőnek kihasználását tökéletesítsék, és megjavítsák a Newcomen-féle gőzgépet (amely, ne felejtjük el, nem tudott forgószerkezetet hajtani). A gépeket annyira fejlesztették, amennyire minden elméleti alapot nélkülöző tapasztalati munkával csak lehetséges volt. Az ügyes mesterember ösztönös meglátásai már nem voltak elegendők a

továbbfejlesztésre. A gépek hatásfokának további növeléséhez az összes szerepet játszó tényezőknek és az elért teljesítménynek ellenőrzött feltételek mellett történő, gondos, összehasonlító mérésére volt szükség. Más szavakkal, a további fejlődés a tudományos analízis alkalmazásától függött. Azok között, akik vízikerekekkel tudományosan foglalkoztak, ott találjuk Smeaton, minden idők egyik legkiválóbb mérnökét. 1752 és 1759 között vízikerekekről laboratóriumi mintadarabokat készített, gondosan megmérte, hogyan változik teljesítményük, ha alakjukat és alkatrészeik egymáshoz való viszonyát megváltoztatja. Így olyan vízikerekeket tudott tervezni, melyek teljesítőképessége az eddigieknél sokkal nagyobb volt. A tizennyolcadik század vége felé a középen-csapó vízikerek bevezetésével a közönséges vízikerek (amelyet a turbinával szoktak szembeállítani) elérte fejlődése tetőpontját. Időközben a kontinensen többen elméleti kutatásokat végeztek, amelyek, noha abban az időben kevés gyakorlati hasznuk volt, előkészítették az utat a víziturbina megteremtésére, ami a tizenkilencedik században következett be. Smeaton a szélmalmost is tudományos vizsgálatnak vetette alá és nagymértékben tökéletesítette azokat. 1750-ben Andrew Meikle a szélmalom szerkezetén több javítást eszközölt. Ő egészítette ki például a szélmalmost azzal a kis segédszélkerékkel a nagy kerék mögött, amely azt önműködően a széllel szembefordítja. 1807-ben William Cubitt olyan szélkereket szerkesztett, amelynek vitorlái automatikusan alkalmazkodtak a szél sebességéhez. Smeaton 1769-ben ismét nekilátott a Newcomen-féle gőzgép tudományos vizsgálatának és kísérleteinek eredménye az volt, hogy táblázatba tudta foglalni

a legjobb hengerátmérőt, löketet, hatásfokot, kazánméreteket, befecskendezett vízmennyiséget és szénfogyasztást a gép adott teljesítménye mellett. Ezeknek az adatoknak birtokában nagyobb és jobb gépeket tudott építeni, például egyet Chasewaterben, amelynek hengerátmérője hat láb (183 centiméter), lökete kilenc és fél láb (289 centiméter) volt, és hetvenhat és fél lóerőt szolgáltatott. Elmondhatjuk, hogy Smeaton munkássága után a Newcomen-gép elérkezett fejlődésének végső határához, és további haladás csak a Watt által bevezetett alapvető változtatások révén következett be.

A vízikerekeknek az a hátrányuk, hogy a gyárat folyóvíz mellett kell elhelyezni; a szélmalmok pedig egyszer működnek, másszor nem. A Newcomen-gép ezektől a hibáktól mentes, de csak szivattyúkat tud hajtani, forgószerkezeteket nem. Ezért kísérletek történtek, hogy az utóbbi célra módosítsák. Mivel ez a gép vizet szivattyúz, a vízikerek pedig forgógépezetet tud hajtani, a leginkább kézenfekvő módszer az volt, hogy a gőzgéppel szivattyúzzák fel a vizet a vízikerek ellátására, amely aztán a forgógépezetet működteti. 1732 és 1734 között a Darby vasöntőcég, amelynek olyan nagy része volt a tizennyolcadik században a haladás előmozdításában, épített egy Newcomen-gépet, amely annyi vizet szivattyúzott fel, hogy tíz vízikereket tudott ellátni, amelyek a gyár gépezetét hajtották. Hasonló berendezés volt használatban 1750—1760-ig az angliai Potteries területén. A század második felében a bányák tárnáiban rendszerint ezt a módszert használták felvontásra. A szivattyúzógép, amelyre úgyis szükség volt a tárnák víztelenítésénél, vizet szivattyúzott egy vízikerekre, amely a felvonókészüléket működ-

tette. 1779-ben Pickard szabadalmat kapott egy eljárásra, amely a Newcomen-gép mozgását hajtókar és forgattyú segítségével, forgó mozgássá alakította. A kísérletnek kevés sikere volt, de a szabadalom később elzárta az utat Watt műve előtt.

A kutatókat minden arra sarkalta, hogy jobb erőforrásokat alkossanak. Ilyen volt a légkör, amely James Wattot arra ösztökölte, hogy a tökéletlen Newcomen-gépet valóban jó hatásfokú géppé alakítsa át. Az ipari forradalom nem Wattól indult ki. Nem az ő gépe indította el az ipar gépesítésének nagy iramát. A gépesítés már korábban megindult. Eleinte főképp vízierőn alapult, de azon hamarosan túlnőtt, és most már olyan nagy erőforrást igényelt, hogy az emberek utat és módot kerestek a gőzgép tökéletesítésére. Ebben a legkiemelkedőbb eredményt Watt érte el. Megfejtette az erőforrás problémáját, és az ő műve alapján az iparosodás, melynek megfelelő erőforrásokat biztosított, tovább haladhatott.

Míg a Newcomen-gép volt az alap, melyből ki kellett indulni, a bányák víztelenítése képezte a legnagyobb különleges erőműproblémát. Így aztán természetes, hogy Watt első törekvése oda irányult, hogy a szivattyúgépet az eddig feltételezett legnagyobb teljesítőképességen túl fejlessze. 1763-ban felszólították, hogy javítson ki egy Newcomen-gépmodellt. Watt észrevette a hibákat, de kiküszöbölésük olyan nehéz feladatnak bizonyult, hogy csak 1765-ben, sok fejtörés, tudósokkal való megbeszélés és saját tudományos kísérletezései után találta meg a megoldást. Megfigyelte, hogy a Newcomen-gépben a főhiba onnan származik, hogy a gőz a hengerben csapódik le. A hengert minden löketnél lehűtik és a gőz nagy része veszendőbe

megy, mikor a hengert újra fel kell hevítenie. A legfőbb javítás, melyet Watt végzett, abban állott tehát, hogy a hengert állandóan melegen tartotta, úgyhogy gőzzel teli köpennyel vette körül és a gőz kondenzálására külön sűrítőt alkalmazott, amelyet állandóan hidegen tartott. 1765-ben egy mintadarabot épített, de csak 1769-ben jutott el a problémák teljesértékű megoldásáig és ekkor kapta meg a szabadalmat.

Az első Watt-gépet 1776-ban szerelték fel. John Wilkinson vasüzemében a kohók fűtatóit működtette. Ennek a John Wilkinsonnak köszönhető, a Darby cég mellett, a nehéz műszaki iparban végbement fejlődés nem csekély része. Tökéletesített fűrógépükkel készültek a Watt-féle gépek hengerei. A cornwalli ónbánya rendelte meg 1777-ben az első Watt-féle szivattyúgépet és azután is Cornwall volt a gépek számára a legjobb piac. 1800-ban már negyven ilyen gép volt itt üzemben.

Ebben az időben, minthogy a szivattyúgépeket már beállították a rendszeres termelésbe, a textil- és más iparok minden erejükkel sürgették az erőforrások tökéletesítését és Watt, társának, Boultonnak kérésére, figyelmét körforgószerkezet hajtására alkalmas gép előállítására fordította. Egy ilyen gépet 1781-ben szabadalmaztatott, a következő évben pedig megalkotta a kettős hatású és expanzióval működő gőzgépet. 1788-ban feltalálta a centrifugális szabályozót és 1796-ban a róla elnevezett indikátort.

1782-ben egy körforgó Watt-gépet helyeztek üzembe a Wilkinson-művekben, ahol egy kovács-pörölyt működtetett, egy másikat pedig a Wedgwood-féle fazekasműhelyekben, ahol ezt aztán több követte. Felvonógépekhez először Newcastle-ban al-

kalmazták 1784-ben, és 1800-ban szénbányákban 30, rézbányákban 22, mindkét típusú Watt-gőzgép volt üzemben. 1785-ben gabonamalom hajtására használták. 1787-ben első ízben alkalmazták pamutfonóüzemben, és 1800-ban már 84 Watt-gép működött a pamutgyárakban. Ezekután a gőzerő az iparban egész közönséges lett. 1850-ben a pamutgyárak 71.000 lóerőnyi gőzenergiával dolgoztak 11.000 lóerőnyi vízienergiával szemben. Ha az olvasó visszapillant a már idézett, exportra vonatkozó számértékekre, látni fogja, hogy az iparnak a gőzgép bevezetése még erőteljesebb terjeszkedését idézte elő, mint a hatvanas és hetvenes évek eredeti találmányai. A gyapjúfonóipar elmaradt a pamutipar mögött és 1800-ban csak 9 Watt-gépet használt. A gőzüzemű szövőgyárak a tizenkilencedik századba tartoznak, de már 1789-ben egy Cartwright-szövőszéket gőzerő hajtott. 1796-ban Wilkinson újabb gépet rendelt egy hengerelőüzem számára, és a század végén öntödékben és kovácsműhelyekben 28 Watt-gép volt üzemben. 1802-ben megjelent az első gőzzel hajtott cséplőgép. 1811-ben a könyvnyomtatásnál első ízben alkalmaztak gőzerőt. Ezek a példák mutatják, milyen nagy szükség volt kiadós erőforrásra, és az ipar további fejlődését milyen nagymértékben előmozdította, hogy a Watt-gépek az energiakeresletet kielégítették.

Külön könyv kellene hozzá, ha a gőzgép fokozatos fejlődését 1870 után a gyorsjáratú dugattyús gőzgépig és azon túlmenően le akarnók írni. Itt csak két fontos fejlődési fázis kezdetét kell megjegyeznünk. A kompaund-gépet először Hornblower használta 1785-ben, de fel kellett hagynia vele, mert áthágta vele Watt szabadalmát. Miután a szabadalom határideje 1789-ben lejárt, Woolf 1804-ben újra

bevezette a kompaund-elvet. Watt gépei eredetileg atmoszférikus gépek voltak, melyek a légnyomásnál nem sokkal nagyobb gőznyomással dolgoztak. A modern magasnyomású gőzgépekre csak akkor lehetett áttérni, mikor a század vége felé a vas megmunkálását tökéletesítették. Murdock, Watt egyik munkása 1784-ben jólsikerült mintadarabot készített, de a magasnyomású gépek jellegzetes kialakulása Angliában Trevithick, az Egyesült Államokban Evans nevéhez fűződik a századforduló táján.

A gőzgép minden eddig említett alkalmazásánál a munkagép meghajtásának módja magától értetődő volt. Azelőtt a munkagépeket valami forgószerkezettel, például vízikerekkel hajtották, és most csak arra volt szükség, hogy ezt egy forgómozgást végző gőzgéppel helyettesítették. De a gőzgép egy másik alkalmazásánál, tudniillik a hajózásban, amelynél 1815-ben jelentős sikereket értek el, a követendő módszer nem volt ennyire magától értetődő. A hajókat vagy vitorlákkal vagy evezőkkel hajtották és sem egyik, sem másik módot nem lehetett csak úgy egyszerűen gőzgéppel helyettesíteni. Nem meglepő tehát, hogy sok, szinte félelmetes szerkezetet találtak ki. Például John Fitch 1785-ben az Egyesült Államokban olyan gőzhajót tervezett, melyet úszó deszkákból összeállított végtelen lánc vitt előre, mint valami vízi hernyótalp. Később egy sorozat evezőt alkalmazott, amelyek úgy mozogtak, mint azok az evezők, amelyekkel kajákat szoktak hajtani. 1790-ben rakétarendszerű gőzhajót is ajánlott. Ugyanennek a rendszernek gondolata számos alkalommal felvetődött és 1793-ban Rumsey ki is próbálta. Sikerült neki a Potomac folyón egy ra-

kétarendszerű hajóval óránként négy mérföld sebességet elérni. Ezek az inkább fantasztikus kísérletek csakhamar abbamaradtak (bár a rakétarendszer alkalmazása hajókon napjainkban bizonyos sikert könyvelhet el, nem is beszélve a legújabb, repülőgépen való alkalmazásáról). Csak két rendszer maradt meg, a lapátkerék és a csavar.

A lapátkereket alkalmilag már a gőzerő megjelenése előtt is használták és forgattyú és csörlő útján emberi erővel hajtották. Több ajánlat és kísérlet történt, hogy lapátos hajókat Newcomen és Watt-típusú gőzgépekkel hajtsanak, de említésre méltó siker nélkül, míg 1788-ban Miller és Symington építettek egy ilyen hajót, amely a Dalwinstontavon próbaúton öt mérföld óránkénti sebességet ért el. Symington tovább folytatta a munkát és megépítette a Charlotte Dundas nevű hajót, amely 1802-ben két 70 tonnás bárkát vontatott 19.5 mérföldre 6 óra alatt, mikor olyan erős ellenszél volt, hogy a Csatornán egyetlen más hajó sem mert útra kelni. A legnagyobb úttörő azonban Fulton Róbert volt. Fulton amerikai állampolgár volt, aki Franciaországban és Angliában dolgozott, de sikereket csak akkor ért el, mikor visszatért az Egyesült Államokba. Rendkívül tudományos módon munkálkodott, kísérleteket végzett a víz ellenállásával és más idevágó jelenségekkel kapcsolatban. Clermont nevű hajója, melyet 1807-ben épített, nagy szenzáció volt, mert New Yorktól Albanyig a 150 mérföld utat 32 óra alatt tette meg. Ezután a gőzhajózás az Egyesült Államok folyóin gyors ütemben fejlődött, s 1815-ig, ahol csak lehetett, életbe léptették. Angliában 1830-ig a dolog lassabban haladt, és 1815-ben az egész országban csak 20 gőzhajó volt. Mellesleg megjegyezve, az első amerikai gőzzel hajtott hadi-

hajót 1814-ben bocsátották vízre. Nagybritannia csak 1833-ban követte ebben az Egyesült Államokat.

Amint a gőz meghódította az óceánokat, Britanniaé lett újra a vezető szerep. Az első gőzhajó, amely 1819-ben átszelte az Atlanti óceánt, a Savannah volt. Ez eredetileg vitorláshajó volt, a gőzgép csak segítő szerepet játszott rajta, és ugyanezt a berendezést több későbbi átkelésnél is alkalmazták. Általában úgy vélték, hogy hosszú útra a gőzhajó alkalmatlan, mert a szén, amelyet magával kell vinnie, a hasznos terhet nagyon lecsökkenti. Ez a hiedelem eloszlott 1838-ban, mikor a brit Great Western nevű gőzös, egy másik hajóval versenyezve, rekord-idő alatt (15 nap) szelte át az Atlanti óceánt. A versenyt annak a tiszteletére rendezték, hogy az első szabályszerű transzatlanti hajószolgálatot életbe léptették. Ezekután a gőz uralma biztosítva volt. Nagy gőzhajózási társaságok alakultak, például a Cunard Line, amelyet 1840-ben alapítottak.

Ezek a hajók fából készültek és lapátkerék hajtotta őket, de körülbelül ugyanabban az időben a csavar és a vasszerkezet is kezdett megjelenni. A csavart 1796 óta többízben kipróbálták, sőt már korábban is gondoltak rá, de csak a tizenkilencedik század közepe táján került rendszeresen használatba. Nem lehet tudni, hogy kinek higgyünk a sok feltaláló közül, akik igényt tartanak a dicsőségre, hogy ők csinálták a csavarból gyakorlatilag használható eszközt. Általában Ericsson és Smith 1836-ban megjelent szabadalmát tekintik a döntő lépésnek, és az első tényleges eredménynek azt tekintik, amikor 1839-ben Smith Archimédész nevű hajóján csavart alkalmazott. Talán igazságosabb lenne, ha a dicsőséget azoknak juttatnók, akik a gyorsabb járatú gépeket megtervezték, mert kétségtelen, hogy a ko-

rábbi évek lassúbb járatú gépeivel hajtott csavar kisebb teljesítőképességű kellett, hogy legyen, mint a lapátkerék. Az 1787-ben megindult kísérletezések után a vasszerkezetű hajók a tizenkilencedik század közepén általánosan elterjedtek. Az első acélhajót 1863-ban bocsátották vízre, és 1874-től kezdve az acél teljesen kiszorította a vasat. A turbinák és Diesel-motorok bevezetése zárja le a modern hajótípushoz való átmenetet, amely egyetlen egységbe fogja össze azt a világot, amelynek nemzeti államokra való tagozódása egyre mesterkéltőbb lesz.

Míg ezek a nagy ipari változások folyamatban voltak, egy nem kevésbé fontos mezőgazdasági forradalom ment végbe. Nem is lehetett ez másképpen, mert hiszen a növekvő számú ipari népességet nem lehetett volna táplálni a mezőgazdaság nagy átalakulása nélkül. A mezőgazdaság fejlődése terén a legfontosabb mozzanatot új termények bevezetésében, a termények váltogatásának új módszereiben stb. látjuk, de mechanikai újítások is szerepet játszottak. Az ekék alakja és szerkezete az 1730-ban a Rotherham által feltalált eke óta gyorsan tökéletesedett, és a század vége felé a teljesen vasból készült ekék kezdtek használatba jönni, s 1820 körül mindenütt ezeket használták. A vetőgép, amely bárázdát húz, földbehinti a magot és betemeti, nagy haladást jelent a kézi vetéssel szemben. A tizenhatodik és tizenhetedik században sokféle vetőgéppel próbálkoztak, de az igazi fejlődés akkor kezdődött mikor Jethro Tull, aki a mezőgazdasági forradalomnak minden tekintetben híres szószólója volt, 1730—40. évtizedben erélyesen síkraszállt a vetőgép használata mellett. Tull gépe nem nagyon hasonlított modern géphez, de 1782-ben Cooke olyan vetőgépet talált fel, mely lényegében modernnek

tekinthető. Ezután a gép fejlődése gyors iramban haladt. A cséplés az egyetlen mezei munka, melyhez szinte egészen napjainkig, nem állati, hanem más erőt alkalmaztak. 1636-ban Van Berg szabadalmaztatott egy cséplőgépet, amely több hajtókarral és forgattyúval mozgatott cséphadaróból állott. 1732-ben Michael Menzies vízzel hajtott cséplőgépet talált fel. Saját hirdetése szerint a gép „többet csap egy nap alatt, mint negyven ember, és ugyanolyan erősen“. A géppel volt is némi sikere, de az első valóban hasznavehető cséplőgép Andrew Meikle nevéhez fűződik, aki 1786-ban feltalálta a forgó dob elve alapján működő gépet. A tizenkilencedik század elején már szélteben-hosszában használták a cséplőgépet és 1802-től kezdték gőzerővel hajtani. 1794-ben James Cooke feltalált egy forgó szecska-vágót, és körülbelül ugyanebben az időben Németországban gépet használtak a szarvasmarháknak szánt burgonya felszeletelésére.

A fejlődés, amelyet ebben a fejezetben leírtunk, természetesen a fémek előállításának és megmunkálásának tökéletesített módszerein múlt. Ezt a tárgyat azonban majd a nyolcadik fejezetben részletesen megbeszéljük. Ebben a korban még sok kisebb találmányról számolhatunk be mellékesen. Ilyenek a modern W. C.-berendezés (Bramah 1778-ban), papírgyártógép (1798) és egy rendkívül szellemes zár, melyet Bramah 1784-ben talált fel. Ez a zár olyan biztonságos volt, hogy noha tekintélyes jutalmat tűztek ki, 1851-ig senki sem tudta álkulccsal kinyitni, és még ekkor is 51 órai munkába került. De ennél is jelentősebb, hogy e zár finomsága és bonyolult mivolta fontos szerepet játszott a finom fém megmunkálási módszerek kifejlődésében. A hengerekkel való nyomtatást Koenignek köszönhet-

jük és 1814-ben az ő sajtói kezdték nyomni a „The Times“-t, és pedig 800 ívet egy óra alatt. Ezzel indultak meg az olcsó és impozáns ujságok (ma 20.000 példányt nyomnak egy óra alatt azon a rotációs gépen, amelyet Hoe 1845-ben talált fel¹²), amelyek egyrészt életbevágóan fontosak a demokrácia tájékoztatására, másrészt azonban könnyen felhasználhatók arra, hogy egyes érdekelt pártok a közönséget félrevezessék. Ezeken kívül ebben a korban történtek különböző vonalakon az első jelentős lépések olyan vívmányok felé, melyek csak a tizenkilencedik és huszadik században érték el teljes kifejlődésüket. Ekkor kezdtek léggömbbel, sőt kormányozható repüléssel kísérletezni; készítettek elektromos szerkezeteket; a mezőgazdaság gépesítésére megtörténtek az első lépések; a szénbányákban szénfejtőgépeket kezdenek bevezetni és a tömegtermelési módszerek első sikerei mutatkoznak.

Ezeknek az iparban végbement változásoknak társadalmi hatásait az olvasó valószínűleg jobban ismeri, mint a korábban bekövetkezett hatásokat. A legszembeötlőbbek károsak voltak. A gépek főlényes teljesítőképessége kiszorította a kézműveseket munkahelyeikről. Ha újra gyárakban kerestek munkát, bérüket állandóan lejjebb szállították, úgyhogy az egész családnak dolgoznia kellett. Még csoszogó aggastyánok is dolgoztak a pamutüzemekben, hosszú szakmányokban. A munkafeltételek gyalázatosak voltak, a munkaidő hosszú volt, 12, sőt 16 óra naponta. Lehet, hogy dolgoztak ennyi ideig saját otthonukban is, mint fonómunkások, de akkor szabadon végezték a munkájukat és maguk választhatták meg a pihenés óráit, míg most alá voltak vetve a gyár kérlelhetetlen fegyelmének, amely alól egy ember sem vonhatta ki magát. A lakásviszo-

nyok az új városokban, amelyek a malmok és gyárak körül nőttek ki a földből, épp olyan rosszak voltak, mint a munkafeltételek. Maguk a házak talán nem voltak rosszabbak, mint azok a falusi házak, amelyekben azelőtt laktak, de az egészségügyi viszonyok, amelyek a faluban még megjárták, a sűrűn lakott városban tűrhetetlenek voltak. És tökéletesen hiányoztak a lakásviszonyok megjavítására irányuló tervek, amelyek megbirkózhattak volna az új problémákkal.

Talán valamennyi közt a legszembeötlőbb volt az állásukból elbocsátott munka nélkül maradt ipari munkások nagy tömege, amelyet a terjeszkedő gyárak csak lassan tudtak felszívni. Az effajta munkanélküliség ebben a korszakban csak időleges volt, de mindamellett komoly csapás volt azok számára, akik elvesztették állásukat. Úgy látszott, hogy a gépek az okai ennek a munkanélküliségnek. Üzembentartásukhoz azelőtt sok munkásra volt szükség. Nem csoda, hogy az iparosok most a gépek ellen fordultak. 1663-ban, s utána megint 1767-ben a munkások szétrombolták a gépesített fűrészmalmost, melyek Londonban voltak felállítva. 1676-ban fellázadtak a szalagszövőszék ellen és 1710-ben a kötőgyárakban törtek ki zendülések. 1753-ban tönkretették John Kay otthonát, úgyhogy kénytelen volt elhagyni az országot. 1768-ban a blackburni fonómunkások szétrombolták Hargreaves „jenny“-jeit. 1776-ban és a rákövetkező években rendszeres támadások érték az Arkwright-gépeket. Nottinghamban a géperező szövés bevezetését 1811–12-ben zendülések követték. Cromptonnak el kellett rejtőznie. És így ment ez az egész országban mindenütt, ahol új gépeket helyeztek üzembe. Az ilyen módszerek persze nem oldhatták meg a problémát

és csak a tizenkilencedik században találták meg a munkások a haladás helyes útját.

De mind e nyilvánvaló nyomorúság mellett, a gépek és a gyárrendszer bevezetése mérhetetlen nyereséggel is járt. Mindenféle árucikkből sokkal nagyobb mennyiségek álltak rendelkezésre. A munkások természetesen nem kapták meg minden további nélkül a részüket ezekből a javakból, meg kellett tanulniok, hogyan harcoljanak meg érte. De valamennyi azért jutott nekik és az életfeltételek egészben véve megjavultak az első néhány évtized sötét időszaka után. Ezt legjobban talán a népesség létszáma mutatja, amely Angliában és Walesben 1750—1811-ig hat és félmillióról több mint tízmillióra emelkedett." Az emelkedést részben a születések számának növekedése okozta, de még inkább a halálozási arányszám csökkenése, ami jobb egészségre és az életszínvonal javulására mutat. Mindez részben a gépek nagyobb termelőképességének köszönhető, bár nem szabad elfelejtenünk, hogy az ezzel párhuzamosan végbement mezőgazdasági forradalom hasonlóképpen fontos volt. Londonban 1749 és 1758 között egy szülőotthonban minden negyvenkettedik anya és minden tizenötödik gyermek meghalt. A halálozási arányszám annyira alábbszállt, hogy az 1799—1800. években már csak minden 914-ik anya és 115-ig gyermek esett áldozatul. Ez a tény azt bizonyítja, hogy egyrészt a szülőotthonba bevonuló anyák egészségesebbek és jobban tápláltak voltak, másrészt, hogy a gyógyászati ismeretek és az orvosi szolgálat tökéletesebb lett. Ez utóbbiban része van annak a körülménynek, hogy a megnövekedett ipari és mezőgazdasági termelés lehetővé tette, hogy nagyobb számú ember kapcsolódjék ki az el-

sőrendű életszükségletek termelésének munkájából s ehelyett orvosi tanulmányoknak és az orvosi gyakorlatnak szentelje magát.

Így aztán a tizenhetedik és tizennyolcadik században az iparban történt változások, árnyoldalaik ellenére, óriási lépést jelentettek előre az emberiség történetében. Hatalmas lépést afelé az állapot felé, amelyben ma vagyunk, mikor megvan minden kilátásunk arra, hogy örökre kiküszöböljük a szegénységet és mindenkit ellássunk mindazokkal a lényegbevágó anyagi javakkal, amelyekre egy teljes és boldog életet lehet alapítani.

VII. A MÁSODIK IPARI FORRADALOM

Az érettség kora (1815—1918)

A tizennyolcadik században Nagy-Britannia volt az egyetlen kiválóan iparosított ország. Ez az oka annak, hogy az előző fejezetben leírt találmányok csaknem mind brit eredetűek. A század végén azonban más országok ipara is fejlődésnek indult. Az 1789-es francia forradalom elseperte a feudális rendszer korlátait, mint ahogy 1640-ben az angol forradalom tette ezt, csak hogy a franciák gyorsabban és alaposabban dolgoztak. Az amerikai gyarmatok népe 1783-ban független lett Britanniától, és az Egyesült Államok csakhamar az iparosodás útjára léptek. A példát azután más országok is követték.

Megszabadulva a korlátozásoktól, ezeknek az országoknak ipara növekedni kezdett, mint annakidején Angliáé. Az ipar terjeszkedésével együtt a polgárok a tudomány és a találmányok felé fordultak, hogy jobb ipari módszerekre tegyenek szert. Már elmondtuk, hogy az Egyesült Államok miképpen vette át a gőzhajózásban a vezető szerepet, alig néhány évvel függetlensége elnyerése után. A jelen fejezetben Franciaország és az Egyesült Államok épp olyan kiemelkedő szerepet visznek, mint Anglia és a fejezet vége felé Német-

ország is jelentkezik. Különösen Franciaországban, a teljes és megalkuvást nem ismerő forradalom után, a század elején, nagyon öntudatos erőfeszítések történtek a feltalálók serkentésére és az iparosodás színvonalának emelésére. Napoleon, mikor tudomására jutott Fulton gőzhajózásra vonatkozó terve, 1804 júliusában ezt írta belügyminiszterének: „Éppen most olvastam Fulton polgártárs tervét, amelynek elküldését ön túlságos sokáig halogatta, pedig úgylátszik, alkalmas arra, hogy a világ képét megváltoztassa. Mindenesetre felkérem önt, terjessze a dolgot kivizsgálásra azonnal egy, az Akadémia tagjaiból álló bizottság elé, akik az európai tudományban tekintélynek örvendenek. Egy nagy fizikai igazság tárul fel itt előtttem. Azoknak az uraknak lesz kötelességük, hogy utánanézzenek és hasznossá tegyék. Küldje jelentését, ha lehet, egy héten belül, mert égek a kívánságtól hogy meghalljam az eredményt, Napoleon.“ (Az Akadémia elutasította Fulton ajánlatát.) Politikai vezetőembereknek egy találmány iránt való ilyen közvetlen érdeklődése, „mert az alkalmas arra, hogy a világ képét megváltoztassa“, egészen új jelenség volt és nem is történt ehhez hasonló, csak 1917 után a Szovjetunióban. A francia *Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale* (magyarul: A nemzeti ipar serkentésére való társaság) támogatta a feltalálókat, fontos találmányokra díjakat tűzött ki (legnagyobb részt e társaság díjainak köszönhető, hogy Franciaország a vízturbina építése terén magához ragadta a vezető szerepet); összegyűjtötte a találmányokra vonatkozó kritikai beszámolókat, melyek a találmányoknak technikai kiválóságára, valamint társadalmi és gazdasági jelentőségére vo-

natkoztak. Az Egyesült Államokban a politikai vezetőknek a technológia iránt való érdeklődése csaknem ugyanilyen nagy volt. Thomas Jefferson érdeklődött a tömegtermelési módszerek iránt és maga is alkalmazott matematikai módszereket, hogy kiszámítsa, melyik a legmegfelelőbb alak az eke kormánylemeze számára. Franklin Benjámín Amerika első nevezetes tudósa és egyúttal egyik legnagyobb diplomatája volt. George Washington maga végzett vetőgépre vonatkozó kísérleteket. Angliában a feltaláló magára volt hagyatva, bár önkéntes szervezetek, mint pl. a Royal Society of Arts valamit segítettek. De Anglia vezető szerepe a tizenkilencedik század elején annyira kiemelkedő volt, hogy pozícióját szinte versenytárs nélkül tartotta csaknem a század végéig.

Az 1815—1918-ig terjedő időszakra esik a gőzhajózás továbbfejlesztése az óceánokon való hajózásra (lásd VI. fejezet), a vasút terjeszkedése; a textilipar gépesítésének teljessé tétele; több erőművi gépnek, a vízturbinának, a gőzturbinának és a belsőégésű motornak kifejlesztése; a gépkocsi és a repülőgép megjelenése; az elektromos energia sokféle felhasználása, gépek hajtására, világításra; a távíró, a távbeszélő és a rádió feltalálása; nagymérvű haladás a mezőgazdaság és a szénbányászat hathatós gépesítése felé, és még sokszáz kisebb teljesítmény. Olyan nagyon termékeny időszak volt ez, hogy ebben a könyvben éppen csak elsiklani tudunk a dolgok felett, mert az erre a korra eső mechanikai találmányok teljes történetéhez már magában is kötetek kellenének.

Kevés találmánynak volt mélyebbre nyúló hatása, mint a vasútnak, pontosabban a gőzzel hajtott nyilvános vasútnak, mert a vaspálya mint

olyan, már sokkal régebbi eredetű. Már az V. fejezetben megjegyeztük, hogy német bányákban a tizenhatodik században vaspályát alkalmaztak. Bányákban a vaspályán való szállítás olcsóbb, könnyebb és gyorsabb volt, mint a szállítás közönséges szekereken, amelyeknek a szükségszerűen nagyon tökéletlen utakon kellett haladniuk. Ahogy az ipar terjeszkedett, ezek a vaspályák is növekedtek. Fokozatosan tökéletesítették őket. Az eredetileg fából való síneket vaslemezekkel borították, végül pedig a fát teljesen vassal helyettesítették. A tizennyolcadik század végén az ilyen vaspályák az angol bányákban és az öntődékben is, ahol a szállítás ugyancsak nehéz volt, mindennaposak voltak. A Darby vasműveknek pl. Colebrookdale-ben mintegy húsz mérföld lóvontatású vaspályájuk volt.

A legközelebbi nagy újítás az volt, hogy a vonatokat gőzerővel vontatták. Az első lokomotívokat nem vasúti vonatok, hanem országúton közlekedő kocsik vontatására használták. Már a tizenhetedik század vége felé felmerült a „gőzkocsi” gondolata, de az első ilyen gőzkocsi, amelyik némi gyakorlati sikerrel dicsekedhetett, úgy látszik, Cugnot 1770-ből való gépe volt. Helyes elgondoláson alapult, de arányai rosszak voltak, úgyhogy csak két és fél mérföldet tett meg óránként (kb. 4 km) és körülbelül minden 30 méternél megállt, hogy gőzt gyűjssön. Murdock 1784-ben nagyon jól sikerült mintadarabot készített. De az igazi úttörő Richard Trevithick volt, aki 1797 óta dolgozott a problémán, s készített meglehetősen jó országúti „gőzkocsikat”, majd arra a gondolatra jött, hogy ezt a vontatásnál bevált új módszert vaspályára kellene alkalmazni. Valószínűleg nem gondolt a mai értelemben vett vasútra, hanem csupán arra, hogy a

bányákkal és vasművekkel kapcsolatos vasutakon új és jobb vontatási módszert vezessen be. 1803-ban a colebrookdale-i vasművek számára egy mozdonyt épített, aztán 1804-ben egy másikat a pen-y-darrian-i vasműveknek, amelyik tíz tonna ércet és hetven utast szállított óránként öt mérföld (kb. 8 km) sebességgel. Ezek az első mozdonyok nem nagyon váltak be, de megvolt az a hasznuk, hogy most már általánosan érezték egy jobb vasúti vontatási rendszer szükségét, és sokan kezdtek dolgozni megvalósításán. Közülük a legnagyobb eredményt Stephenson érte el. Neki köszönhetjük azt a vasúti rendszert, melyet ma is ismerünk. Első mozdonyát 1814-ben szénbánya számára építette. Nem sokkal ezután fontos újítást vezetett be. Kürtöt alkalmazott léghuzam előidézésére. A géppel kapcsolatos jelenségek gondos elemzésével és ragyogó mesterségbeli tudással gyors ütemben javította gépei teljesítőképességét.

Ugyanebben az időben új gondolat kezdett kibontakozni; a nyilvános vasút gondolata. 1801-ben egy ilyen már üzemben volt. Wandsworth és Croydon között árut szállított. Vontatására lovakat használtak. A gőzzel való vontatás gondolata ekkor még kevésbé volt ismeretes, és a vasúti síneket csak azért alkalmazták, mert ez a lovakkal való vontatást sokkal könnyebbé tette, mint ahogy ez az országúton lehetséges volt. Az új, nagymértékben iparosított Angliában a szállítási problémák égetők lettek. Az utak silányak, az országúton való szállítás drága volt. A csatornákon ugyan olcsón lehetett szállítani, de a csatornák komoly mértékben túl voltak terhelve. Ezek a körülmények képezték a háttérét annak a javaslatnak, melyet 1821-ben terjesztettek az angol parlament elé, egy

Stockton és Darlington között közlekedő vasút ügyében, melyet „emberekkel, lovakkal vagy más módon tartsanak üzemben“. Ekkor még általános volt a kétely, hogy gőzmozdony alkalmas erre a munkára. Stephenson azonban meggyőzően kimutatta, hogy igen, és 1825-ben megnyílt a vasút a gyárából kikerült mozdonyokkal.

Időközben a manchesteri pamutgyárosok rájöttek, hogy a Liverpool—Manchester-csatorna elégtelen a rendkívüli módon felduzzadt export lebonyolítására, amelyről már az előbbi fejezetben beszéltünk. 1825-ben törvényjavaslatot terjesztettek a parlament elé, e két várost összekötő vasút ügyében, de az történt, hogy *a javaslatot elvetették*. Elvetették a földbirtokosok, a csatornatulajdonosok és az útvámbérlők szervezett ellenállása miatt. A földesurak azt állították, hogy a vasút tönkreteszi birtokaikat, az utóbbiak pedig csak azt látták, hogy esetleg kedvezőtlen hatással lesz saját érdekeikre. Sajtóban és röpiratokban rágalomhadjárat indult meg. Azt írták, hogy a vonatoktól megrémült tehenek nem adnak tejet. A kürtőből kitóduló füst megöli a madarakat. A szikrák felgyujtják a házakat. A kazánok felrobbannak és megölik az utasokat, és így tovább. Ilyen meséssel és sok előszobázással a kapitalista érdekeknek sikerült legyőzniük a javaslatot. Egyidejűleg szabotázst szerveztek, sőt fegyveres támadásokat hajtottak végre az emberek ellen, akik a vonalat őrizték. De a Stockton—Darlington vonal sikere és a vasúti érdekeltségek 27.000 fontos befektetése végül azt eredményezte, hogy 1826-ban egy második törvényjavaslat végre keresztülment.

Versenyt rendeztek, hogy eldöntsék, kinek a mozdonyát használják a vonalon. Stephenson

„Rocket“-je volt az egyetlen, amely eleget tett a feltételeknek. A próba második napján harminc utassal óránként 30 mérföld (kb. 49 km) sebességgel haladt. A vonalat 1830-ban nyitották meg és ezzel a gőzvasút csaknem egy évszázadon át a bel-földi szállítás alapvető módja lett. Az ellenállás azonban továbbra is hátráltatta a fejlődést, úgy-hogy 1838-ig csak 490 mérföldnyi vonalat fektet-tek le Angliában. Aztán jött a nagy lendület. 1843-ban a vonalak hossza elérte az 1900 mérföldet és 1848-ban az 5000-et. A vasutak olyan széles tár-sadalmi rétegek számára tették az utazást lehe-tővé, mint soha azelőtt. De ennél sokkal fontosabb volt az ipar további fejlődésére gyakorolt hatásuk. A vasutak lettek az ipar 'ütőerei. Az ipar irány-zata, amelyet a következő oldalakon fogunk tár-gyalni, egyre jobban megkövetelte a termelés nagy egységekbe való centralizálását. Az iparosí-tással járó nyereség a szállítási rendszertől füg-gött, amely nyersanyagokat és készárukat oda vi-hetett, ahol azokra szükség volt. A szárazföldön a vonat, a tengeren a gőzhajó tette ezt lehetővé.

A vízturbina története hosszabb és bonyolul-tabb, mint a legtöbb korábbi találmányé. Fejlő-dését, visszafelé egészen a primitív formájú víz-szintes vízikerékig követhetjük, amelyet az ötödik században, de lehet, hogy már sokkal korábban alkal-maztak. A modern mechanikai módszerek legelső megjelenésekor ezeken a kerekeken többféle javítást végeztek, melyek mind a turbina irányába mu-tattak. Az egyik legkorábbi ilyen módosított vízi-kereket Leonardo ajánlotta. Ezt a tizenhetedik és a tizennyolcadik században több más követte, s némelyiket elég széles körben gyakorlatilag fel is használtak. Annak ellenére, hogy a turbina alap-

gondolata egyszerű (a víz a szorosan záródó turbinaházban egy kerék pengelemezeire fejtí hatását) és noha kézenfekvő volt, hogy viszonylag durva vízikerek teljesítményénél jobb teljesítőképességet lehet elérni, a célíg még sok nehézséget kellett leküzdeni. Korántsem volt magától értetődő, hogy a lapátoknak és a turbinaháznak milyen alakot kell adni, pedig csak akkor lehetett számítani arra, hogy a turbina teljesíti a hozzáfűzött reményeket, ha ezeket helyesen tervezik meg. Ilyenformán a turbina végleges kialakulása nagymértékben azoktól a hidrodinamika körébe vágó elméleti kutatásoktól függött, melyekkel a tizennyolcadik század második felében, a tudomány felemelkedése idejében, nagyszámú tudós foglalkozott. E kutatások folyamán egyre jobban sikerült megragadni azokat a momentumokat, amelyek a turbina szerkesztésénél lényegesek. Így például Euler 1750—1754-ig folytatott elméleti munkája eredményeképpen egy ugyan még elég tökéletlen turbinaformát tudott készíteni, amelyet a gyakorlatban bizonyos mértékig alkalmaztak is, de hogy általánosabb jelentősége legyen, ahhoz nem volt elég jó. A másik nagy nehézség mérnöki természetű volt. Hogy a turbina elfogadható hatásfokkal dolgozzék, arra volt szükség, hogy az aránylag gyorsmozgású alkatrészek szorosan illeszkedjenek egymáshoz. A tizennyolcadik század mérnöki tapasztalatai végül megadták az elég pontos, szakszerű kivitel lehetőségét, úgyhogy a tizenkilencedik század elején a turbina egykettőre gyakorlatilag megvalósítható lett. Ez sok dolgozó ember erőfeszítésének köszönhető, akik csaknem mind franciák voltak. Ekkor, 1823-ban következett a *Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale* pályázati hirdetménye, mely

díjat tűzött ki egy tökéletesebb turbina készítésére, s ez is ösztönzésül szolgált és megkésztetette a feltalálók erőfeszítéseit. A díj egy részét 1827-ben Burdinnak ítélték oda, de a tökéletesített turbina feltalálásának igazi dicsősége Fourneyront illeti meg. Az ő első turbinája, amely 6 lóerős volt, szintén 1827-ben készült. 1832-ben turbinájának egy tökéletesebb változatát állította elő. Ez 50 lóerős volt és kovácpöröly működtetésére használták. Fourneyron ezért 6000 frank jutalomban részesült. Ezután a turbinák méretei gyorsan növekedtek: 1855-ben már nyolcszáz lóerőig jutottak el. Később főként elektromos energia előállítására használták.

A tizenkilencedik század egyik legnagyobb vívmánya az elektromosság sokoldalú felhasználása. Az elektromosság története hasonlóképpen hosszú fejlődést mutat, s ez a fejlődés sok ember erőfeszítésének eredménye. Itt kénytelenek vagyunk átugrani a korábbi fokokat és a Volta-féle elem felfedezésével kell kezdenünk, ami 1800-ban történt. Ez az elem adott első ízben folyamatosan elektromos áramot, márpedig az elektromosság gyakorlati felhasználásának az állandó áram a lényege. A Volta-elem segítségével tudták a tudósok az elektromos áram fontos tulajdonságait kideríteni, és ennek alapján tanulták meg, hogy ezt a tudásukat hogyan alkalmazzák. A fejlődés ezután rendkívül gyorsan ment végbe. 1808-ban Davy felfedezi az ívlámpa elvét, 1822-ben Faraday felfedezi az elektromotor alapelveit és 1831-ben az elektromos energia mechanikus úton való előállításának módját. Ezekben az években fedték fel az áram azon alapvető tulajdonságait, amelyeken a távíró, a távbeszélő és sok más alkalmazás alapul. De az elektromossággal való bánás-

módot nem volt könnyű megtanulni és évtizedek teltek el, míg valóban gyakorlati eredményeket tudtak elérni.

Az első fontos alkalmazás, amely sikerrel járt, a távíró volt, egyrészt azért, mert a felmerülő gyakorlati problémák itt egyszerűbbek voltak, mint, mondjuk, a villanyvilágításnál, másrészt, mivel erre a készülékre kétségtelenül sürgősebb szükség volt. Ahogy a kereskedelem ebben az időben egyre jobban terjeszkedett, az emberek közötti érintkezés sebesebbé tétele nagyon kívánatosná lett, és a vasúti forgalom megindulásával rendkívül sürgőssé vált valami mód kieszélése, amellyel a vasúti őrzt értesíteni lehet a vonat érkezéséről. Többféle módszer volt használatban, postagalambok, „távíró“, amely fényjelek továbbításán alapult, egyik reléállomástól a másikig, de egyik sem volt kielégítő. A század elejétől fogva, sőt minden rendszer nélkül már előbb is, sokan dolgoztak elektromos távíró megvalósításán, de csak 1837-ben értek el sikert, egymástól függetlenül, Samuel Morse az Egyesült Államokban és Cooke és Wheatstone Angliában. 1838-ban Morse tíz mérföld (16 km) távolságra tudott táviratozni, ugyanakkor Cooke és Wheatstone-rendszerű távíró-t vezettek be a London—Blackwall vasútvonalon. 1851-ben lefektették Dover és Calais között a tengeralatti kábelt, és amikor 1866-ban sok viszontagság után, megvalósult a transatlanti kábelszolgálat, a távíró világviszonylatban is bevált hírközlő eszköz lett.

Mikor az ember már tudott elektromos úton nagy távolságokra jeleket továbbítani, természetesen utakat-módokat keresett, hogyan lehetne az élő beszéd továbbításával a hírközlést még kényelmesebbé tenni. Az első eredményt 1861-ben Phillipp

Reis érte el, de készüléke, bár valahogyan működött, alig volt több érdekes játékszernél. A gyakorlatilag használható távbeszélőt 1876-ban az Egyesült Államokbeli Graham Bell találta fel. Néhány éven belül a telefont a világ minden haladottabb országában használatba vették. A tökéletesítések egymást érték. A mikrofont 1877-ben Edison és Berliner, 1880-ban Blake tökéletesítette. Az automata központot 1887-ben találták fel, de ez csak lassan tudott tért hódítani. 1876-ban Bell csak két mérföldre tudott telefonálni; 1880-ban negyvenöt mérföldet hidaltak át; és 1892-ben a 900 mérföld hosszú New York—Chicago-vonal volt a gazdaságosan elérhető felső határ, míg 1900-ban az induktív terhelés, később pedig elektroncsöves relék alkalmazásával (ez a rádióval kapcsolatos kutatás eredménye) gyakorlatilag minden távolságot leküzdöttek, úgyhogy 1913-ban 2600 mérföld hosszú vonallal kötötték össze New Yorkot Salt Lake Cityvel.

Ha a távíró és távbeszélő megváltoztatta a világot azáltal, hogy a földgömb bármelyik két pontja között azonnali összeköttetést létesített, az energiának elektromos úton való továbbítása még forradalmibb lehetőségeket zárt magába. Megvalósult kis egységek, pld. háztartások energiával való ellátása, gyárak gépeinek külön, egyedenként való meghajtása. Megszűnt a nehézkes, rossz hatásfokú, lármás transzmisszió, nem kellett a munkagépeket a gyár gőzgépe köré csoportosítani. Lehetővé vált a gyáraknak a népes városokból való kitelepítése, távol a szénrakodótelepektől, ahova eddig kötve voltak, ki a vidékre, ahol a szükséges elektromos energiát egészségesebb környezetben is megkaphatták. Ha pedig gyáraknak egyéb okokból a városban kellett maradniuk, az elektromosság alkalmat

adott arra, hogy a tüzelőt másutt égessék el, és az energiát elektromos úton továbbítsák a városba, amely így tiszta és egészséges maradhatott. Ezeket a lehetőségeket még máig sem használtuk ki teljes mértékben. De a kezdő lépések már megtörténtek, és a jövő nemzedékek a kijelölt úton tovább haladhatnak.

Az elektromos erőátvitel úttörői valójában nem gondoltak ilyen lehetőségekre. Nem is törődtek valami nagyon energia továbbításával. Érdeklődésüket legnagyobb részben a villanyvilágítás kötötte le, egyrészt talán azért, mert ez a probléma valamivel egyszerűbb volt, másrészt, mert a gázvilágítás példáját maguk előtt láthatták. (A londoni gázvilágítási és kokszzárlatát például 1812-ben alapították.) Az áramfejlesztőgép, melynek alapelvét Faraday fedezte fel 1813-ban, egész sereg dolgozó munkája nyomán fejlődött ki a rákövetkező ötven esztendőben. Davy ívlámpáját 1844-ben Foucault és utána mások gyakorlatilag használhatóvá tették. Az ívfényt eleinte speciális célokra használták; 1862-ben pld. a dungeness-i világítótornyban alkalmazták. Az 1870—80. években már sok helyen használták, de 1778 és 1780 között szédületes gyorsasággal terjedt. Felhasználták vasúti állomások, dokkok, színházak, sőt utcák világítására.

De éppen az ívlámpa rohamos terjedésének éveiben, s kétségtelen, hogy részben éppen emiatt a jobb hatásfokú és kényelmesebb izzólámpával való világítási rendszer meghonosodott. Mint annyi más elektromos készüléknek, ennek a fejlődése is a tizenkilencedik század elején kezdődik. 1820-ban De La Rue platinaszálas izzólámpát készített. De csak 1878 és 1880 között Swan és különösen

Edison munkája nyomán indult meg a szénszálas izzólámpák gyakorlati alkalmazása. Edison munkássága sokkal többet jelentett, mint az izzólámpa megteremtését. Úgyszólván ő adta meg a végső simítást az elektromos generátornak is, úgyhogy az 1882-ben használt generátorok már lényegileg ugyanolyanok voltak, mint manapság, eltekintve attól, hogy 1883-ban bevezették a szénkeféket és a tekercselésen bizonyos javításokat végeztek, és természetesen a gépek méretei hatalmasan megnövekedtek. Edison dolgozta ki az elektromos áram éppen nem magától értetődő elosztási rendszerét kábel és drót vezetőkörökkel. Munkássága nyomán az elektromosipar fellendült valószínűleg sokkal gyorsabban, mint akármelyik ipar bármikor azelőtt. 1880-ban láttak el először hajót elektromos berendezéssel, a szárazföldön pedig 1881-ben vezettek be elektromos áramot privát helyre. Az első közvilágítást ugyanebben az évben Appletonban, Wisconsin államban léptették életbe; összes teljesítménye körülbelül egy lóerő volt! Az első áramfejlesztő állomást Angliában 1881-ben Godalmingban, Surrey-ben nyitották meg. Utána, 1882-ben, következett a híres newyorki Pearl Street-állomás megnyitása, ahol végül megállapították a módszert, hogyan kell egy körzet minden fogyasztóját elektromos árammal ellátni. Ezt az állomást hamarosan több másik követte. Ugyanezen év végén közel 80 elektromostársaságot alapítottak Angliában, bár ekkor még kevés kezdett el működni közülük. 1883-ban nyílt meg az első nyilvános elektromos vasút Írországbán Portrush és Giant's Causeway között.

A legelső állomások közül némelyik hidroelektromos állomás volt, azaz vízierő útján fejlesztett

elektromos áramot. De az első állomás, amelynél megmutatkozott a vízierővel való áramfejlesztés igazi értéke, a Niagarán épített állomás volt, melyet 1891-ben kezdtek és 1897—98-ban helyeztek üzembe. Az elektromos áramfejlesztés lett csakhamar a vízturbina fő alkalmazási területe.

Körülbelül 1890-ig az elektromos áramot mint erőforrást nem használták nagymértékben. Ezután azonban az elektromotorok tökéletesítése és még inkább a többfázisú rendszer bevezetése következtében az elektromos energia erőforrásként való használata gyorsan terjedt. A többfázisú rendszert 1887-ben Tesla dolgozta ki és először nagymértékben a Niagarán alkalmazták 1897—98-ban.

Az első elektromos központok, minthogy kis-feszültségű egyenárammal dolgoztak, csak néhány-száz méter sugarú körzetben oszthatták szét az elektromos áramot. Az áramfejlesztőállomásnak a terület középpontjában kellett lennie. Hogy az elektromos erő előnyeit teljes mértékben kihasználhassák, a generátorokat megfelelő ponton kellett elhelyezni, ahol tüzelő vagy vízierő könnyen elérhető volt, és erről a helyről látták el elektromos árammal a területet, ahol arra szükség volt. Ha az ellátandó terület távol volt, nagyfeszültségű váltakozó áramot kellett termelni. Az eljáráshoz Ferranti mutatta meg az utat 1889-ben 10.000 voltos generátoraival Deptfortban, ahonnan az elektromos energiát London központi részébe továbbították. Kisebb helyi áramfejlesztőközpontok azonban még évtizedekig üzemben maradtak. Az 1926. évi törvénycikk útján kormányintézkedés létrehozta az országos hálózatot, amely legalább megközelítően biztosítani tudta Angliában Ferranti

eljárásának általános elfogadását, míg más országokban kevés vagy éppen semmi haladás nem történt. Mindenki számára hasznos, ha az elektromosságot valóban nagy távolságra lehet eljuttatni. A jelenlegi általános gyakorlat szerint ez a távolság egészen 200 mérföldig terjed (körülbelül 320 kilométer). Marcel Duprez már hosszú évekkel ezelőtt kísérletezett az elektromos energia nagy távolságra való átvitelével és 1882-ben 40 mérföld távolságot ért el. Rendszerét olyan esetekben alkalmazták, mint például a Niagara áramfejlesztőközpont, de általános használata a két háború közti időszakra esik.

Az elektromos áramfejlesztés technikájának egyik legfontosabb eleme a gőzturbina. Emlékezzünk vissza, hogy a gőzgépre vonatkozó legrégibb próbálkozások közül kettő turbinára vonatkozott, Heróé és Brancáé. Gyakorlati jelentősége egyiknek sem volt. A dugattyús gőzgép sikere elterelte a figyelmet a turbináról és ugyanebben az időben kiváló mérnökök, ahogy ismereteik gyarapodtak, egyre jobban tudatára jutottak azoknak a rendkívül nagy nehézségeknek, melyekkel egy jó teljesítőképességű turbina építése jár. A gép sebessége rendkívüli mértékben túlmént volna minden abban az időben gyakorlati lehetőségen és a tizenkilencedik század végéig nem volt semmi mód arra, hogy legyőzzék a műszaki nehézségeket, amelyek ilyen nagy sebesség mellett a mozgó alkatrészek pontos egymáshoz szerelésével jártak. James Watt találoán fejezte ki a dologról való véleményét, amikor megfelelt azokra az aggodalmakra, melyeket a tervezett turbinát illetően Boulton hangoztatott, aki félt, hogy az ilyen gép nem lesz jó kihatással üzletükre. Watt egy kevés számolás után megjegyezte: „Tedd csak lehetővé, Isten nélkül, hogy a géprészek

másodpercenként 1000 láb sebességgel mozogjanak, nem lehet nagy baj belőle“.

Pedig a turbinának, ha gyakorlatilag megvalósítható lett volna, lettek volna szembeszökő előnyei. Jobb hatásfokra, nagyobb erő kifejtésre, lehetett vele számítani; kiküszöbölte volna, hogy a gőz energiáját kerülő úton, dugattyú ide-oda való mozgatás útján alakítsák át forgó mozgássá. Emiatt aztán több kísérlet történt a tizenkilencedik század második felében üzemképes gőzturbinák előállítására, de egyiknek sem volt eredménye, míg Parson ki nem jött turbinájával, melyet 1884-ben szabadalmaztatott. Parson turbináját főképpen elektromos áramfejlesztés céljaira tervezte, bár szabadalmából kitetszik, hogy kezdettől fogva más célok is lebegtek szeme előtt. Az első turbinát egy kis generátor hajtására alkalmazták. Kielégítő eredménnyel dolgozott. Sok turbogenerátort építettek kisebb berendezések számára gyárakban, hajókon stb. Miután 1892-ben kondenzátort készítettek hozzá és más javításokat is végeztek rajta, a turbina hatásfok tekintetében kiállta a versenyt a dugattyús gőzgéppel és csakhamar alkalmazták elektromos energiának áramfejlesztőközpontokban való előállítására. Rövid idő múlva úgy hatásfokban, mint méretekben túlszárnyalta a legszélső határt, amelyet dugattyús gőzgéppel elérni lehetett. 1912-ben turbogenerátorokkal 25.000 kilowatt (körülbelül 33.000 lóerő) teljesítményt értek el, míg a dugattyús gőzgépeknél az elérhető legnagyobb teljesítmény 8000 lóerő körül van és ehhez is különleges feltételek kellenek, amelyek csak a háromszoros expanzióval működő hajógépeknél teljesülnek.

Parson figyelmét csakhamar a hajógépek felé

fordította, mert ez volt az az egyetlen másik terület, ahol a turbina lehetőségeit, különösen ami a méreteket illeti, teljes mértékben ki lehetett használni. Épített egy kis motoros bárkát, a *Turbinát*, amely az 1897-es tengerészeti szemlén nagy feltűnést keltett, mert sebessége elérte a 34 csomót, holott a leggyorsabb hadihajók csak 27 csomóval tudtak haladni. A következő években a turbinát a tengerészet különböző hajóin kipróbálták. A siker oly nagy volt, hogy 1905-ben az admirális azt a határozatot hozta, hogy minden hadihajón kizárólag turbinákat kell alkalmazni. Időközben 1901-ben megépítették az első turbinával felszerelt hadihajót és nem sokára a turbinát fogadták el, mint a legjobb hajtóerőt minden gyorsjáratú hajó számára. 1906-ban bocsátották vízre a *Lusitaniát* és a *Mauretaniát*. Mindkettőn négy turbina volt, melyek összes teljesítménye 70.000 lóerőre rúgott. 1909-től kezdve Parson olyan rendszeren dolgozott, amely lehetővé tette fordulatszámot csökkentő fogaskerék-áttétel útján, hogy a turbina hajócsavart hajthatott s így alkalmazni lehetett lassújáratú teherhajókon is.

A gőzgépnél külön tűzhelyre, kazánra és hengerre van szükség. Felmerült tehát a gondolat, hogy egyszerűbb lenne, ha az üzemanyagot egyenesen a hengerben égetnék el. A legelső kísérletek belsőégésű gépek konstruálására közvetlen azelőtt az időpont előtt történtek, mikor a gyakorlatilag használható gőzgép megjelent. Huygens 1680 körül megpróbált puskaporral hajtott gépet szerkeszteni, 1690-ben Papin próbálkozott kazán nélküli gőzgéppel. Ezeket már a hatodik fejezetben említettük. De annak ellenére, hogy a belsőégésű motor fogalma egyszerűbb, mint a gőzgépé, a gyakorlati

problémák, amelyek felmerülnek, ha ilyen gépet üzemképessé akarunk tenni, sokkal nagyobbak. Ezért a gyakorlatban bevált gőzgép megjelenése egyidőre véget vetett a belsőégésű gépekkel való kísérletezéseknek.

Pedig a belsőégésű gép néhány olyan sajátossággal rendelkezik, amely serkentőleg kellett hogy hasson a feltalálókra. Alapgondolata egyszerűbb, a tüzhely és a kazán kiküszöbölése következtében könnyebb és kisebb, mint a gőzgép. A kémény, a kazán és a gőzvezető csőrendszer hiánya reményt nyújt arra (bár e reményt nem volt olyan könnyű valóra váltani), hogy jobb hatásfokot lehet elérni vele s kisebb gyárakban és műhelyekben lehetőséget nyújt, hogy kisebb gépi egységeket alkalmazzanak. (Ezzel szemben a gőzgép alkalmazását nagy üzemekre korlátozza az a körülmény, hogy kis egységekben nem gazdaságos.) Ezek voltak az okok, melyek miatt a tizennyolcadik század utolsó évtizedétől kezdve megújultak a próbálkozások különböző fajta belsőégésű gépek készítésére. Ekkor jelent meg a széngáz, amely megfelelő és könnyen beszerezhető üzemanyagot szolgáltatott és a huszas évektől kezdve a gázmotorok egyre használhatóbbak lettek. 1860-tól sikere folyton nagyobb lett, míg 1876-ban az Ottó-féle „Silent“ gázmotorban fejlődése nagyjából befejeződött. A gázmotor, minthogy kis egységekben is gazdaságosan alkalmazható, lehetővé tette sok kisebb ipari üzem gépesítését, éppen úgy, ahogy a gőzgép száz évvel előbb a nagyipari üzemeket gépesítette. De az elektromos energia felhasználásának a századforduló idején bekövetkezett nagymértékű elterjedése a gázmotort erről a fontos területről nagyrészt kiszorította. És ámbár idővel kohógázzal működő

egész nagy gépeket tudtak előállítani, melyek megfelelő körülmények között a gőzgépnél jobb hatásokkal dolgoztak, a mai gépészeti szemszögből nézve mégis azt kell mondanunk, hogy a gázmotor legfőbb jelentősége abban állt, hogy az első lépést jelentette a benzin- és olajmotorok kifejlődése felé. Az utóbbiakban a gázmotorok minden elvét viszontlátjuk, úgyhogy ezek fejlődése gyorsabb volt. 1858-ban Pennsylvániában hatalmas olajmezőket fedeztek fel. 1873-tól kezdve próbálkoztak benzin-gépekkel és az 1885-ben feltalált Daimler-gép jelzi a modern benzinmotor megszületését, bár sok lényeges módosítás, mint például az elektromos gyújtás, még hátra volt.

Csaknem egyidejűleg kísérletek történtek egyre nehezebb olajok alkalmazására. A Hullból való Priestmann testvérek eredményesen alkalmaztak 1885 körül finomított középnehéz olajakat és 1890 körül készítették az Ackroyd Stuart-gépeket, amelyek könnyebb nyersolajjal működtek. Diesel főszabadalma 1892-ből való, de több évnek kellett eltelni, míg üzemképes Diesel-gépet állítottak elő. Ez a nyersolajok közül a legnyersebbet használja fel.

Ebben a motorban végre megvalósult az ideális olajgép, amely a gőzgépnél jobb hatásokkal dolgozott és méreteiben csakhamar annyira megnövekedett, hogy versenyezni tudott a gőzgéppel az elektromos áram előállításában és hajók hajtásában, kivéve a legnagyobb egységeket. 1930-ban az újonnan épült hajók jóval nagyobb tonnaszámban működtek Diesel-motorokkal, mint gőzgépekkel.

A benziningépek alkalmazása a közlekedés terén jelentette a legforradalmibb változást, eleinte az országutakon, később a légiúton való szállításnál. Az teszi kiválóan alkalmassá ezen a területen, hogy

a teljesítményéhez képest könnyű. Az országúti szállítás gépesítése azonban nem a benzinmotorral kezdődik. A gőzkocsik, melyeket fentebb a vasúttal kapcsolatban emlegettünk, a vasutak tényleges üzembeállításával csaknem egyidejűleg a gyakorlatban mindjobban használhatóvá kezdtek válni. 1831-ben 20 ilyen gőzkocsi működött közre a nyilvános közlekedésben. Londonban vagy London közelében. Sebességük óránként 5—30 mérföldig terjedt. A vasúti hálózat növekedése miatt azonban ez a szállítási mód nem volt többé gazdaságos. És amikor a század közepe körül a gőzkocsik elég tökéletesek lettek, hogy a vasúttal újból versenyezhessek, a vasutak és a lovaskocsival fuvarozók érdekeik védelmére közösen léptek föl a gőzkocsi ellen és sikerült elérniök, hogy Angliában olyan korlátozó törvényes intézkedéseket hoztak, amelyek az országúton gőzkocsival történő szállítást csaknem lehetetlenné tették. Az 1861-i törvénycikk előírta, hogy minden járműnek legalább két vezetőt kell magával vinnie; a sebességet pedig a szabadban tíz, a városokban pedig óránként öt mérföldre korlátozta. Az 1865-i úgynevezett „vörös zászló” törvényjavaslat ezeket a sebességeket óránként négy, illetve két mérföldre szállította le és előírta, hogy a jármű előtt 60 yarddal egy embernek kell menni, aki vörös zászlót vagy egy vörös lámpát visz magával. Ilyen eszközökkel védték meg a vasúti társaságok érdekeit. Nem lepődhetünk meg, hogy az ilyen intézkedések eredménye az volt, hogy a gépkocsival kapcsolatos fontos találmányok eleinte Anglián kívül keletkeztek. Anglia nem tudott addig a külfölddel versenyezni, míg 1896-ban a vörös zászló-törvényt vissza nem vonták.

Az első benzinnel hajtott kocsit Benz készi-

tette 1878-ban, de valóban jelentőségteljes teljesítmény Daimler gépkocsija volt 1889 körül, amelyben a már említett, 1885-ből való motorját használta fel. Csakhamar más feltalálók köverkeztek újabb gépkocsikkal. 1904 körül megjelennek az autobuszok és a teherautók. A gépkocsi további története nem annyira találmányok, mint inkább a tömegtermelési módszerek alkalmazása körül forog. Ezek a módszerek a gépkocsit sok ember számára megszerezhetővé tették. A VIII. fejezetben lesz erről szó.

A leírt találmányok közül sokról világosan kimutatható, hogy azért keletkeztek éppen ebben a korszakban, mert az általános társadalmi feltételek olyanok voltak, hogy ezek hirtelen nagyon szükségessé váltak. Sok feltaláló erőfeszítései arra irányultak, hogy e szükségletet kielégítsék és közülük egyesek eredményt is értek el. A repülés története azonban más. Az természetesen igaz, hogy a Kr. u. 1900-as évek ipari korszakában a repülésből több gyakorlati hasznót lehetett remélni, mint bármelyik más korábbi időszakban. A repülés vágya azonban az emberekben a legtöbb korszakban olyan erős volt, hogy azt kell mondanunk: a repülés gyakorlati megvalósítása nem azért nem következett be korábban, mintha hiányzott volna az utána való általános vágyakozás, aminek a feltalálókát ösztönöznie kellett volna, hanem a technikai felkészültségben volt hiány. A repülés technikai problémái sokkal inkább, mint bármelyik korábbi mechanikai teljesítményé, olyanok, hogy megoldásukhoz évszázadok műszaki tapasztalataira és tudományos vizsgálataira volt szükség.

Az ember kezdetben mágikus módszerekkel igyekezett repülni. Aztán bekövetkezett a nagy

változás. A mágikus erőkből való hitet a középkorban a gépekben való hit váltotta fel és a modern idők kezdetén a repülés tekintetében taktikát változtattak. Megfelelő gépeket igyekeztek készíteni. Logikusan dolgoztak ugyan, de próbálkozásaik, a szükséges ismeretek hiánya miatt, sikertelenek maradtak. Malmesbury Oliver már 1030-ban megkísérelte a repülést, kezéhez és lábához erősített szárnyakkal. Leonardo a középkor végén rendkívül beható módon tanulmányozta a madarak repülését és ezen az alapon próbált repülőgépet konstruálni. De amint a tudományos vizsgálat előbbre haladt, felismerték (Borelli 1680-ban), hogy a repüléshez az ember izomereje nem elegendő és a levegőnél nehezebb géppel való repüléssel várni kell, míg megfelelő motort tudunk készíteni.

A levegőnél könnyebb készülékkel való repülés már sokkal korábban megvalósult. Számtalan terv és kísérlet után, melyek a tizenhetedik század elején kezdődtek, 1783-ban Franciaországban a Montgolfier testvéreknek sikerült meleg levegővel töltött léggömbbel a magasba emelkedni. Ugyanebben az évben történt az első repülés hidrogénnal töltött gömbbel. A léggömbbel való repülés csakhamar sokak szenvedélyévé vált. Számtalan nagyon merész repülést hajtottak végre. 1785-ben átrepülték a La Manche-csatornát. 1794-ben a francia hadsereg megfigyelésre léggömböket használt. Az első sikeres léggömbbel való repülés után felmerült a kormányozható „léghajó” terve, de csak 1852-ben érték el léghajóval az első sikert, mikor Henri Giffard tizenhét mérföldet repült háromlóerős gőzgéppel felszerelt léghajójával, óránként 4 vagy 5 mérföld sebességgel. Ez még távolról sem volt gyakorlati célokra alkalmas léghajó, hiszen nem volt

elég ereje, hogy szél ellen repüljön. A gyakorlatilag használható léghajó kialakulása 1884 körül kezdődik. Zeppe'in első léghajóját 1898-ban kezdte építeni és 1900-ban repült első ízben. Zeppelin léghajói gyorsan tökéletesedtek. A negyedik átrepült az Alpokon. 1910 és 1914 között a „Zenpelinek” 35.000 utast szállítottak és 170.000 mérföld utat tettek meg komoly baleset nélkül. Az 1914—18-as világháborúban sűrűn használtak léghajókat katonai célokra. De nem sokkal ezután egész sor végzetes szerencsétlenség történt, ami a léghajó fejlődése tekintetében annál inkább latba esett, mert ekkor már megvalósu'óban volt a repülés problémájának másik gyakorlati megoldása, a repülőgép. Ettől kezdve csak legfeljebb egész különleges célokra készítettek léghajókat.

A repülőgép megteremtése felé a döntő lépés 1809-ben történt, mikor Sir George Cayley pontosan megállapította azokat az elveket, amelyek alapján egyedül lehetséges levegőnél nehezebb géppel való repülés. Rávilágított arra, hogy a főprobléma a megfelelő motor megteremtése, mert gőzgép minden valószínűség szerint nem alkalmas erre a célra. Modellekben azonban esetleg megfelel. Valóban 1840-től fogva sokat kísérleteztek gőzgéppel hajtott modellekkel. 1857-ben készítették az elsőt, amely meghírta a saját súlyát, felemelkedett és leszállt baj nélkül.

A további fejlődés most már szigorú, tudományos vizsgálatokon múlt, amelyek alapját a siklórepülés tanulmányozása és gyakorlati megvalósítása képezte. 1877-ben Németországban a Lilienthal fivérek és utánuk mások végezték el ezt a feladatot. A kilencvenes években újból megindultak, most már racionálisabb alapon, a próbálkozások

a gépi erővel való repülésre. Közülük sok közeljárt a sikerhez. Egyes gépek kissé fölemelkedtek a földről, mások néhány száz métert repültek is, de nyilvánvaló volt, hogy a pilóták gépeiket nem tudták teljes mértékben kézben tartani és végül lezuhantak.

1900-ban a Wright testvérek kiterjedt siklórepülési kísérletekbe kezdtek, melyeket a problémával kapcsolatos rendkívül gondos fizikai és matematikai vizsgálatokkal kötöttek össze. Kifejlesztettek egy eljárást, amely a szárnyak egymástól független hajlításával lehetővé tette a gép oldalazó mozgásainak szabályozását. Az eljárás lényege a csűrőfelületek bevezetése volt, ami végül is a sikeres repülés sarkalatos pontjainak bizonyult. Ezután figyelmüket a géperejű repülés felé fordították. Az akkoriban tökéletesített gépkocsimotor alapot szolgáltatott megfelelő repülőgépmotor számára, de a Wright testvérek maguk tervezték meg nagy gonddal az ő különleges motorjukat és légszavarjukat. Alapos munkájuk elnyerte jutalmát 1903 december 17-én, amikor gépük tizenkét másodpercig maradt a levegőben és 25 yardot (körülbelül 23 métert) repült). Már voltak előbb hosszabbtávú repülések is, de a lényeg az volt, hogy ezuttal a gép felett teljes mértékben uralkodni tudtak. A fejlődés ezután gyors iramot vett. A testvérek negyedik repülése 59 másodpercig tartott. 1904-ben öt perc négy másodpercig repültek, 1905-ben 20.75 mérföldet repültek 33 perc 17 másodperc alatt. 1908-ban, mikor már a Wright testvérek mellett sokan mások is végeztek sikeres repüléseket, a rekordidő több mint három óra, a rekordtávolság 122 mérföld, a sebességi rekord óránként 50 mérföld volt. 1909-ben Blériot átrepülte a La Manche-csatornát.

Mindamellett 1914-ig a repülés kalandos sport-számba ment. A háborús kényszerhelyzet, melynek következtében technikusok, gyárak és kormánykölcsonök mind hozzáférhetők lettek, a repülőgépet megbízható géppé változtatta. 1914 és 1918 között a maximális sebesség óránként 70—80 mérföldről 140—155 mérföldre szökött. Léghűtéses gépek súlya lóerőnként négy fontról 1.9 fontra szállt le, a vízhűtéses motoroké pedig 4.05 fontról 2.2 fontra. A közepes magasság 7000 lábról 30.000 lábra emelkedett. 1919-ben Alcock és Brown átrepülték az Atlanti-óceánt és ez legjobban mutatja, hogy milyen megbízható és hasznos gép gyanánt került ki a repülőgép a háborúból. Csakhamar rendszeres légiszolgálatot léptettek életbe és már 1920-ban a berepült távolságok összege közel 3,000.000 mérföldet tett ki.

A drótnélküli hírközlés, amely szintén a századforduló körül született meg, két főforrásból eredt. A probléma megoldására az ösztönzést ugyanaz a társadalmi szükséglet adta, amely a távíró és a távbeszélőt is létrehozta, tudniillik a gyors hírközlés szükségérzete. Ehhez egy igen nagy előny járult még, amelyet a közönséges távíró és a telefon sohasem nyújthatott, tudniillik a hajókkal való érintkezés. A megoldásra az alapot 1862 körül Clark Maxwell elméleti műve és Hertz 1887-ben megindult kísérleti munkája szolgáltatta. Kimutatták az elektromágneses hullámok létezését, amelyeken a rádió alapszik. A kilencvenes években nagyon sok feltaláló érdeklődött a probléma iránt s többen közülük el is értek részleges sikereket. De az egyetlen kiválóan eredményes rendszer Marconié volt. Ő 1896-ban Olaszországból Angliába utazott, itt rádiójeleket adott le 3 mérföld távol-

ságra és találmányát ugyanebben az évben szabadalmaztatta. Ezután gyors fejlődés indult meg. 1899-ben a brit tengerészet gyakorlatain több mint 75 mérföldre táviratoztak drót nélkül és 1901-ben Marconi jeladásai átrepültek az Atlanti-óceánon. Alig két évvel később az Atlanti-óceánon át rendszeres drótnélküli távirószolgálatot vezettek be. A drótnélküli telefonra vonatkozó kísérletek a drótnélküli táviró sikere után csaknem azonnal megindultak. 1900-ig Fessenden az Egyesült Államokban elért némi sikert. 1906-ban azt állította, hogy beszédet továbbított az Atlanti-óceánon át. 1909-ben de Forest ugyancsak az Egyesült Államokban Caruso hangját sugározta szét a Metropolitan operaházból.

A haladás azonban lassú volt, mert élőszó közvetítése attól függött, hogy tudnak-e csillapítatlan rezgéseket sugározni. Már pedig az akkoriban rendelkezésre álló berendezéseknek ebben a tekintetben nagyon is korlátozott értékük volt. A rádió-nak az elektroncső vagy másnéven termo-ionos cső hozta meg a döntő sikert. A kételektródás csövet, amelyet általában csak detektornak használnak, de más célra nem, egy angol fizikus, Fleming találta fel 1904-ben. A háromelektródás csövet, amely voltaképpen utat nyitott a modern rádió felé, 1906-ban de Forest és tőle függetlenül mások találták fel. Mindamellett csak 1913-ban érték el az elektroncső és a vele kapcsolatos alkatrészek azt a fejlődési fokot, hogy általánosan használni lehetett azokat.

Éppen úgy, mint a repülőgép esetében, itt is az 1914—18-as háború adta meg az ösztönzést és az eszközöket a rádió döntő problémáinak gyors megoldásához. A harcoló seregek mindenütt használ

tak rádiótelefont. A csőtechnika, különösen amennyiben a légierő céljait szolgálta, gyorsan kifejedött és a csöveket mind az adásnál, mind a vevésnél felhasználták. Felderítő repülőgépekben tíz fontnál (körülbelül 4.5 kiló) könnyebb készülékek 200 mérföldre (körülbelül 320 kilométer) tudtak beszédet sugározni. A háború alatt a rádiótechnika annyira tökéletesedett, hogy utána csak két esztendői rendszeres kísérletezésre volt szükség, hogy az 1920-ban életbeléptetett szabályszerű rádiószolgálat útját egyengessék. Ezt a munkát a világ minden tájékán számtalan kutató végezte, közöttük még mindig Marconi volt egyike azoknak, akik legeredményesebben dolgoztak. A rádiót 1907 körül kezdték iránymeghatározásra használni, de a rádiónak ezt az alkalmazását is csak a háborúban fejlesztették ki nagyobb mértékben.

Századunk 1918 előtti szakaszának talán legmeglepőbb és leromantikusabb vívmányai a repülőgép és a rádió. De ami az emberi élet színvonalát illeti, sokkal nagyobb jelentősége van a mezőgazdaság génesítésének. A mezőgazdasági munkák kézi erőről gépi erőre való átállítása, ami a tizenkilencedik század második negyedében kezd észrevehetővé válni, az emberiség történetében első ízben tette lehetővé, hogy mindenki számára bőségesen juthasson élelmiszer. Sőt mi több, ez képezte egy nagymértékben iparosított civilizáció legfontosabb alankövét.

A tizenkilencedik század elején a fejlettebb országokban már végérvénvesen áttértek az egészen vashól való eke használatára. Ez már magában is a termelőképesség nem csekély emelkedését jelentette. 1850 után a szántáshoz már gőzerőt alkalmaztak. Ekkor vezette be John Fowler azt az

eljárást, amelynél a szántóföld két végén elhelyezett egy-egy gép kábelek segítségével vontatta végig az ekét a szántón. A gépesített szántásnak 1918-ig ez volt a fő módszere és a traktor még ezután is csak lassan tudta kiszorítani.

Míg a szántáshoz már a bronzkorszak e'ején állati erőt használtak, az aratás egészen a tizenkilencedik századig kizárólag emberi izmok munkájára volt utalva. Egyetlen kivételről tudunk, Plinius leír egy rendkívül kezdetleges, ökrökkel vontatott aratógépet, amely állítólag a római uralom idejében Galliában használatban volt. Ez a gép azonban alig csökkenthette az aratással járó fáradtságos emberi munkát és ügylátszik nem is terjedt el nagyobb mértékben. 1799-től kezdve kísérletek történtek aratógép szerkesztésére. Az első többé-kevésbbé eredményes próbálkozás 1826-ban történt és Patrick Bell nevéhez fűződik. Gépét Skóciában több éven át sok helyen használták. De az angol-skót határtól délre az aratás gépesítése tekintetében semmi sem történt, míg az Amerikában készült nagyszerű aratógépeket be nem vezették. A hatalmas amerikai szántóföldek ideális feltételeket biztosítottak a mezőgazdaság gépesítése számára. Itt fejlődött ki a modern aratógép. Már a tizenkilencedik század harmincas éveiben felfaltáltak több aratógépet, melyek közül a legsikerültebb McCormick gépe volt 1834-ből. Ezzel a géppel az aratással járó emberi munkát harmadára csökkentették. 1851-ig McCormick évente 1000 gépet készített. Ettől kezdve egyre automatikusabban működő gépek jelentek meg. Az 1861—65-i amerikai polgárháború következtében emberi munkaerőben nagy hiány keletkezett, s ez nagy lökést adott a gépesítés ügyének. Több próbálkozás után

1878-ban feltűnnek a teljesen automatikus kévekötő aratógépek, amelyek az emberi munkát most már felére-harmadára csökkentették. 1880-ban az Egyesült Államok gabonájának négyötödrészét gépekkel aratták le.

A következő fejlődési fok a kombájn aratógép volt. Ez a gép learatja a termést és ugyanakkor ki is csépli. 1836-ban két ilyen gépet szabadalmaztak, de a gyakorlatilag bevált kombájn kialakulása csak 1860 körül veszi kezdetét. A 80-as években kombájnok, melyeket 20—40 ló vontatott 25—45 acre (körülbelül 10—18 hektár) földet arattak le egy nap alatt Kaliforniában. A kilencvenes években gőzüzemű traktorok által vontatott kombájnoknak még nagyobb volt a teljesítőképessége. 1930-ig egy kombájunak 3.3 emberi munkaóra volt szüksége, hogy 20 bushel (körülbelül 720 liter) búzát arasson és csépeljen, ugyanehhez 1830-ban, mikor sarlóval és cséphadaróval dolgoztak 57.7 emberi munkaóra kellett. Mindamellett a kombájn Kalifornián kívül, csak 1914 után kezdett elterjedni, mikor az emberi munkaerő hiánya miatt a Sziklás-hegységtől keletre is kénytelenek voltak bevezetni. Nagy-Britanniában 1928 előtt nem jelent meg, s még azután is csak lassan terjedt el.

Időközben a mezőgazdaság más ágait is gépesítették. 1814-ben feltaláltak egy szénaforgató gépet, de a kaszálást és forgatást 1850-ig legnagyobbbrészt még kézzel végezték. Ettől kezdve a gépek és a lóval húzott gereblyék gyorsan elterjedtek. A század végén alakultak ki a már lényegileg modern szénakaszáló- és forgatógépek. Ebben az időben burgonyakapáló-gépet és forgótípusú burgonyaszedő-gépet használtak. Ez utóbbi teljesen kiemeli a burgonyát a földből, messze hajigálja,

úgyhogy utána kézzel kell összeszedni. A huszadik század elején egy liftszerűen működő burgonyaszedő-gépet kezdtek készíteni, amely a kézzel való felszedést nem küszöböli ugyan ki, de kényelmesebbé teszi, mert a burgonyát keskeny sorokba rakja. Ebben az időtájban burgonyaültető-gépezetet is feltaláltak. De az 1918 utáni időkig a termények körül teendő munkák elvégzésére szánt gépek közül csak a gabonaneműekkel és fűvel dolgozók voltak elég tökéletesek ahhoz, hogy általánosan elterjedjenek.

Eltekintve a csépléstől (lásd VI. fejezet), a kábelvel való szántástól, a kilencvenes években használt gőz-traktorokkal vontatott kombájnoktól és néhány más irányban folytatott kísérlettől, a tizenkilencedik század végéig a ló maradt a mezőgazdaság fő erőforrása. De 1890 körül az Egyesült Államokban, majd néhány évvel később Angliában megtörténtek az első kísérletek belsőégésű motorral ellátott traktorok alkalmazására. A huszadik század elején a hernyótalpat tökéletesítették és 1910 körül a könnyű benzinnel járó traktor előkészítette az utat a ló kiküszöbölésére. Az Egyesült Államokban ez az átmenet közvetlen 1914 előtt kezdődött, de Nagy-Britanniában csak az 1917-ben bevezetett Ford-traktor lett a ló komoly versenytársa.

Ezek a gépek, karöltve a mezőgazdasági technika más vívmányaival, tették lehetővé, amint már megjegyeztük, egy magasfokon iparosított civilizáció kialakulását. Az Egyesült Államokból vett számadatok szerint 1787-ben tizenkilenc farmer termelt annyi felesleget, amennyi egy városlakó ételmezéséhez kellett. A legutóbbi években ugyanannak a tizenkilenc mezőgazdának termelési feleslege hatvanhat másik ember ételmezését fedezi.

Az előbbi fejlődési fokon nem lehetett a mezőgazdasági munkától elegendő munkást elvonni, hogy magasszínvonalú ipart teremtsenek. Az utóbbi fokon minden egyes mezőgazdasági munkásra három és fél dolgozó jut, akik iparcikkeket állítanak elő, a szállításban tevékenykednek stb., s akik mindannyian hozzájárulnak az életszínvonal emeléséhez.

Az ipari népesség élelmezésére nem kevésbé fontos volt a hűtő-eljárások kifejlődése. Ez teszi lehetővé, hogy élelmiszereket vigyünk a világ egyik végétől a másikig, vagy hosszú időre elraktározzuk azokat, hogy ellássunk iparvidékeket, amelyek nem tudják eltartani önmagukat. Mintegy negyvenévi fejlődés után a hetvenes években a mechanikai hűtőeljárás gyakorlatilag alkalmazható lett. A legfontosabb lépést ebben az irányban Linde-nek 1873-ból származó, ammóniák-kompresszióval működő hűtőgépe jelenti. Fagyasztott húst Amerikából 1877-ben, Ausztráliából 1880-ban importáltak első ízben. A hűtésnek sok más ipari alkalmazása is van. Az oxigént tudvalevőleg nagyon sok célra felhasználják. Szükség van rá például az autogénvágásnál és hegesztésnél, a vegyi iparban stb. Az oxigén előállítása pedig a legkönnyebben hűtéssel cseppfolyóssá tett levegő lepárolása útján történik. Linde 1895-ben kidolgozott a levegő cseppfolyósítására egy gazdaságos, gyakorlati eljárást. Módszere abban állt, hogy az összenyomott levegőt egy szelepen át expandáltatta. Eközben a levegő, mint általában minden gáz, az úgynevezett Joule-Thompson-hatás következtében kissé lehül. Ha a folyamatot elégszer megismételjük, a levegő annyira lehül, hogy cseppfolyóssá válik. Csakhamar észrevették, hogy jobb hatást lehet elérni, ha levegővel külső munkát végeztetnek, például gépet haj-

tatnak. Ez technikailag nem volt könnyű dolog, de 1902-ben Claude-nak sikerült folyékony levegő előállítására olyan gépet szerkeszteni, amelyben a levegő azáltal hűlt le, hogy egy dugattyús gépet hajtott. Az eljárást később Heylandt tökéletesítette.

Ahogy a mezőgazdaság táplálja az ipari munkást, ugyanúgy táplálja a szénbányászat az ipari gépet. A tizenkilencedik századtól napjainkig a szén a legfőbb energiaforrásunk. Természetes tehát, hogy a szénbányászat gépesítésének problémájára sok figyelmet szenteltek. Mielőtt robbantással vagy más módon letörnék a felületi szénréteget, alája kell vésni. Ez egyike a legfáradtságosabb munkáknak, s ezért legelőször is arra törekedtek, hogy az embert ennél a munkánál géppel helyettesítsék. 1761-ben Michael Menzies, akinek a nevét a csépléssel kapcsolatban már említettük, feltalált egy szénvágógépet, amelyben egy lengő csákány a bányász vágómozdulatait utánozta. Hajtásához egy ló és egy ember kellett. 1768-ban megjelent Willie Brown „Vasembere“, melynek működtetéséhez két munkás erejére volt szükség. 1843-ban szabadalmaztak egy körfűrész módjára működő szénvágógépet, melyet a modern tárcsamaró előfutárának tekinthetünk. Az egész időszakban a főnehézség abban állott, hogy alkalmas erőforrást kellett találni. A gőzgép egyrészt túl nehézkes, másrészt túlságosan veszélyes volt. Különböző tervek merültek fel a vágógép hajtására. Emberi és állati erő alkalmazását ajánlották, sőt a tárna szájánál felállított vízi- vagy gőzerővel működő gépet, amely a vágógéppel kötelekkel lenne összekapcsolva. Sűrített levegőt először egy angol bányában alkalmaztak 1849-ben és csakhamar ez lett az az erőforrás, amelyre a gépesítésre irányuló további kísér-

leleket alapították. Az ezután következő negyven évben alakult ki a ma használatos szénvágógépek mindegyik fajtája, kivéve az 1901-ben feltalált „perkusszív vágógépet“. Ez csak kísérleti és úttörő fokozat volt s nem volt kiterjedt gyakorlati alkalmazása. Benne a mechanizált szénvágás főproblémái megoldást nyertek és 1890-ig lerakták a további gyors fejlődés alapjait. Az Egyesült Államokban a géppel vágott bitumenes szén mennyisége százalékosan 1890-től 1913-ig 4-ről 51-re emelkedett. Angliában annak ellenére, hogy a legtöbb úttörőmunkát itt végezték, a fejlődés sokkal lassúbb volt. 1913-ban a brit szénnek csak 8 százalékát vágták géppel és 3267 bánya közül csak 676-ban használtak szénvágógépet. Időközben elektromos energiát is kezdtek igénybe venni. A gondolat már 1863-ban felmerült, de gyakorlati kivitelre csak 1885 körül került sor és 1918-ig csaknem ugyanolyan mértékben használtak elektromos erőt, mint sűrített levegőt.

Más bányászati eljárások gépesítése lassabban ment. A szállítószalag először 1902 körül jelent meg és a ma használatos összes típusok 1913-ig kifejlődtek. Elterjedése azonban még a szénalávésőnél is lassabban ment. A szén lapátolása a fejtés helyén nem könnyű munka. A darabokat 2—5 láb magasságra kell emelni és vízszintes irányban 6—12 lábnyira dobni. A munka nehézsége ellenére meglepő későn próbálkoztak csak komolyan gépesítésével. Az első lapátológép, amely általános figyelmet keltett, 1903-ban jelent meg, a gyakorlatban azonban nem fogadták el. Az Egyesült Államokban 1918-ban volt néhány különböző kivitelű ilyen gép üzemben, de általánosan csak néhány év múlva terjedt el.

A fentiekben annak a mechanikai fejlődésnek, amely századunk első éveiben 1918-ig ment végbe, csak néhány kiemelkedő vonalát említettük. Pedig tény, hogy ebben az időszakban az ipar csaknem minden ágában megindult a gépesítés. Ha csak felsorolni akarnánk az összes ezekben az években keletkezett találmányokat, ez maga több kötetet tenne ki. Nem tehetünk hát egyebet, mint hogy néhány példát feljegyezzünk. Ha az olvasó minden adatnál néhány percre megáll, és elgondolja, milyen volna az élet, ha a szóbanforgó gép nem léteznék, vagy nem tudnák olcsón és tömegesen előállítani, akkor lesz némi fogalma az átalakulásról, amit a tizenkilencedik században a gépek létrehoztak. A gyár-
ipar sok ágát gépesítették. Íme néhány példa:

Az acéltoll gyártását 1828-ban, a gyufagyártást 1848-ban, a cipőgyártást 1861-ben McKay cipővarrógépének, 1871-ben Goodyear kéregvarró gépének bevezetésével gépesítették. A cigarettagyártógép 1876-ban, az üvegfúvógép 1886-ban és Owen híres automatikus palackgyártó gépe 1907-ben jelent meg. Nyomdai szedőgép feltalálására 1822 óta sok kísérlet történt és Mergenthaler lino-type gépe 1886-ban jelent meg. Használható varrógépek már 1829 óta léteztek, de az a típus, amely a mai házi varrógép ősének tekinthető, Élias Howe 1846-ból származó találmánya. Számológépeket 1642-ben megindult fejlődésük után a kilencvenes években kezdtek rendszeresen gyártani. Az írógépet 1843-ban Charles Thurber találta fel, de az első sikerült minta, Sholes találmánya, 1868-ból való. Az első eladásra gyártott írógépek 1874-ben jelentek meg és 125 dollárba (körülbelül 25 angol font) kerültek. Pope 1886-ban készített először olyan kerékpárt, amelynek kerekei egyenlő nagyok

voltak és fogaskerékáttétellel és láncsal hajtották. Ez a kerékpár hosszú fejlődési folyamat betetőzése volt. A hozzávaló pneumatikus abroncsot Dunlop találta fel 1889-ben. 1896-ban már 4,000.000 kerékpáros róna az utakat. Edison 1876-ban feltalálta a fonográfot, amelyet Berliner 1887-ben gramofonná tökéletesített. Berlinertől eredt annak az eljárásnak lényeges része is, amellyel a hanglemezeket sokszorosítják. A gyakorlatban bevált mozgófényképek a kilencvenes évek folyamán jelentek meg. 1847-ben találták fel az óraműre járó zárat (timelock); a mai közismert zár Yale találmánya, 1855-ből való. E. G. Otis 1862-ben találta fel a biztonsági szerkezettel ellátott személyliftet. A gőz úthengerelő 1867-ben jelent meg. A röntgensugarakat 1895-ben fedezték fel. A pörgettyűs kompaszt, mely ma már a mágneses iránytűt nagymértékben helyettesíti, 1905-ben Sperry találta fel. Mindezeket a találmányokat csak kapásból válogattuk ki. Nem vettük be a sorba azt a sok gépet, amelyet elvben 1918 előtt feltaláltak, de csak később terjedtek el.

Ma már a termelés csaknem minden ágában megindult a gépesítés. Az elérhető anyagi jólét az emberiség javára rendkívül meggyarapodott, legalább is a fejlettebb országokban. A gazdagság elosztása is jobb lett. Bár ezt csak keserű küzdelmek árán lehetett elérni. Azelőtt a munkások szétrombolták a gépeket, mert ettől remélték keserves soruk megjavulását. Most már elhagyták ezt a régi haremodort, bár a múlt század közepén még mindig előfordultak alkalmi rombolások. Pedig ezek nem viszik előbbre a fejlődést, mert hiszen a gépek teremtik a nagyobb jólétet. A javak egyenetlen elosztása okozta a gyári munkások nyomorát, s ezenkívül még az is, hogy a gyárak, szerszámok és gépek az

aránylag kevés számú munkaadó kezében összpontosultak, s így ezeknek hatalmukban állt meghatározni, hogy a munkások milyen szerződéses feltételek mellett dolgozzanak. Ezzel a hatalommal szemben a dolgozók a szakszervezeti mozgalomban találtak részleges védelmet. Ez a mozgalom a tizenkilencedik század folyamán folyton erősödött és 1850-től kezdve végérvényesen megszilárdult. A dolgozóknak, mint egyes embereknek nem volt erejük, hogy meggátolják munkafeltételeik és életszínvonaluk lesüllyesztését. De szakszervezetekben egyesülve ellenszegülhettek az iparmágnások hatalmának és nagyobb részt csikarhattak ki tőlük a gazdagságból, amelyet az új gépeknek köszönhettek. Megtanulták azt is, hogy politikai tevékenység útján védjék magukat. A gyári munkások politikai nyomása, melyet a gazdagabb társadalmi osztályok humánusabb tagjai is támogattak, keresztülvitte 1802 és 1847 között a gyárakra vonatkozó azokat a törvénycikkeket, melyek a korábbi gyári kizsákmányolás leggonoszabb formáját megszüntették. Nem tudunk itt belemenni a részletekbe, csak azt jegyezzük meg, hogy az ebben a fejezetben leírt időszak a köznép munkafeltételei és életszínvonala általános emelkedésének korszaka volt. Ezt az emelkedést azonban csak folytonos éberséggel és küzdelemmel lehetett megtartani.

Azóta, hogy a gazdasági rend kapitalista formája először megjelent, olyan korszak jött, amelyben hatalmas technikai fejlődés ment végbe. Új találmányok csaknem évről-évre könnyebbé tették az embernek, hogy megélhetését a természettől kicsikarja és ezeket a találmányokat szinte a végletekig kihasználta, hogy a javak egyre növekvő áradatát állítsák elő. A tizenkilencedik század kö-

zépén úgy látszott, mintha e példátlan haladás sorsa az lenne, hogy lendületét megszakítás nélkül örökké megtartsa. De a század vége felé megszakítások következtek be. Sohasem tapasztalt árzuhanások és pangások keletkeztek, amikor a termelt javakat lehetetlen volt eladni, noha millióknak szüksége lett volna rájuk. A gyárosok, akik nem tudták eladni áruikat, teljesen vagy részben bezárták üzemeiket. A dolgozók elvesztették munkájukat, csak néhány év lepergése után kezdett a gazdasági gépezet ismét rendesen működni, csak azért, hogy néhány évvel később, új árzuhanás következtében megint lelassuljon. 1918 után ezek a jelenségek többé-kevésbé állandóak lettek. Áresések és a viszonylagos prosperitás időszakai folytonosan váltogatták egymást, de a munkanélküliség és az áruk eladása körüli bajok állandósultak. Annyira, hogy egyesek (annak ellenére, hogy a legtöbb ember szemmel láthatólag nem tudta megvenni, amire szüksége volt) azt kezdték hinni, hogy túlságosan sokat termelnek. A bajok magyarázatára kitalálták a jelszót: „túltermelés“.

Ezekkel a nehézségekkel kapcsolatban a gazdasági rendszer két jellegzetessége egyre jobban előtérbe lépett: a monopólium és az imperializmus. Monopólium keletkezett, mikor egy cégnek sikerült valamelyik iparág termelésének nagy része felett az irányítást magához ragadni, vagy pedig mikor az ugyanazon iparágban dolgozó összes cégek meg egyeztek abban, hogy mennyit termelnek és milyen áron árusítanak. Ebben az esetben a cégek szövetezését kartellnek nevezzük. Gyakran úgy igyekeztek kikerülni a gazdasági válságot, hogy a termelést az elérhető színvonal alá süllyesztették, vagy az árakat mesterségesen felhajtották. Azelőtt egy

iparágat a kis cégek százai alkották, amelyek szabadversenyben állottak egymással. E verseny adta a legfőbb ösztönzést találmányok létrehozására, mert nagy előnyhöz juttatta azt a gyárost, aki a termelésnél a legfejlettebb módszert alkalmazta. A monopólium nem küszöbölte ki a verseny ösztönző hatását, de csökkentette azt. Később majd megvilágítjuk, hogy mi volt ennek az oka.

Mindazonáltal a monopóliumnak ez a kialakulása elkerülhetetlen volt és a dolgot nem lehetett visszafordítani. Sok erő játszott közre a létrehozásában, legtöbb közülük gazdasági természetű, s így kívülesik e könyv célján. De egyik ok maguknak a gépeknek fejlődésében rejlett. A tizenkilencedik század elején vagy még azelőtt, amikor egy gyár felépítése és megfelelő gépekkel való felszerelése csak néhányezer fontba került, az egy iparágban kialakult monopóliumot egy új jövevény hamarosan letörhette. De az ebben és a következő fejezetben leírt mechanikai fejlődés után sok iparágban egy üzem felállítása, amely versenyezhetett a már meglevő cégekkel, több százezer fontba került. Egyetlen kisember sem remélhette, hogy akár egész életében megtakarított pénzéből versenyképes üzemet nyithat. Sok iparág zárt terület lett, ahol csak azok létezhettek, akik már bent voltak. De még ezek között is, a legtökéletesebb berendezés egyre növekvő költsége miatt, a legnagyobb cégeknek óriási előnyük volt kisebb versenytársaik felett, melyeket kiszoríthattak vagy elnyelhettek.

E könyvnek nem tárgya annak a megbeszélése, hogy a monopóliumnak milyen hatása van az imperialisztikus vetélkedések elmérgesedésére, s ennek következtében a háború felé való sodródásra. Akárhogyan is van, a háború, végesvéig a tizen-

kilencedik századon virágzó jelenség volt. Amint a különböző hatalmak ipari ereje, minden átfogó terv nélkül, egyre növekedett és piacokat keresett, a politikai formák pedig nem tartottak lépést a szállítás és a hírközlés tökéletesedésével, ami a világot mindjobban egyetlen oszthatatlan egésszé változtatta, az összecsapások elkerülhetetlenné váltak. Voltak másfajta háborúk is. Például az amerikai polgárháború, melynek azt kellett eldöntenie, hogy Amerika ipari kapitalista ország legyen-e, vagy pedig rabszolgatartó, földművelő állam. De ezek mind semmivé zsugorodnak a tizenkilencedik század végén és a huszadik század elején lezajlott gyarmati háborúk, különösen pedig a küzdelem tetopontját jelentő 1914—1918-as háború mellett. Helyénvaló tehát, hogy ezt a fejezetet azzal végezzük, hogy felsorolunk néhányat a sok katonai találmány közül, melyek erre a korszakra ráütöttek bélyegüket.

A tizenkilencedik század tudományának és iparának segítségével gyakorlatilag megvalósíthatóvá tettek sok fegyvert, például a hátultöltő ágyút, melynek gondolata már korábban felmerült, de a megfelelő termelési módszerek hiányában csak gondolat maradt. Vagy pedig általános használatra alkalmassá tettek fegyvereket, mint például a vontatós puskát (ellentétben a símacsövű muskétával), amit a tizennyolcadik század végén használtak, de csak gyakorlott céllövők. Sok új katonai találmány is született. A revolvert 1835-ben Samuel Colt, a gépfegyvert 1861-ben Gatling, a torpedót 1866-ban Whitehead találta fel. Ez utóbbi azonban sok gyakorlati nehézség miatt csak az 1904—1905-ös évi orosz-japán háborúban játszott fontos szerepet. A tengeralattjárón, mint katonai fegyveren sok

feltaláló dolgozott. Az amerikai függetlenségi háború alatt építettek egy emberi erővel hajtott tengeralattjárót, melynek célja az volt, hogy hajókhoz aknákat erősítsen. 1776-ban sikerült vele víz alatt haladni, de főcélját nem érte el. Az amerikai polgárháborúban újra felmerült a gondolat és sok meghiúsult kísérlet után egy tengeralattjárónak sikerült aknát elhelyezni és egy hajót elsüllyeszteni. A modern tengeralattjáró megépítésében a nyolcvanas és kilencvenes években több ország versenyzett. 1916-ban megjelent a tank, amely a mai hadviselésben olyan kiemelkedő helyet tölt be. Itt csak néhányat soroltunk fel a fontosabb katonai találmányok közül. Azt már előbb említettük, hogy a háborús szükséglet milyen hatalmas lökést adott a repülőgép és a rádió fejlődésének, amely azelőtt csak aránylag lassan haladt. A repülőgépet, mintán romboló feladatát teljesítette és mintán erre a célra alkalmassá tették, figyelemreméltó mértékben békés célok szolgálatába állították. A következő fejezetben, amely azokkal az alapvető iparokkal foglalkozik, melyeken minden mechanikai fejlődés alapszik, újra felhívjuk majd a figyelmet arra, hogy a haladást sok dologban a háborús szükséglet vitte előre.

VIII. ANYAGOK, GÉPSZERSZÁMOK ÉS TERMELESI MÓDSZEREK 1918 ELŐTT

Az előző három fejezetben csaknem teljesen mellőztünk a gépekre vonatkozó három nagyon fontos dolgot. *Az anyagot, amelyből a gépeket készítik, a szerszámokat, amelyekkel készítik őket és a módszereket, amelyeket készítésüknél használnak.* Olyan fontos kérdések ezek, hogy megérdemelnek egy külön fejezetet.

Ha az olvasó visszaemlékszik az ötödik fejezetben mondottakra, láthatja, hogy abban a korszakban a legtöbb gépet fából készítették. Csaknem a tizennyolcadik század végéig a fa maradt az ipari gépek főanyaga; fémeket rendszerint csak csapágyrészeknél, vágóéleknél és más olyan helyen alkalmaztak, ahol a fémek különleges tulajdonságai döntő szerepet játszottak. A tizennyolcadik században a gőzgépet természetesen főképp fémből kellett készíteni, bár kazánokat például kezdetben gyakran fából készítettek s hordó módjára vasabroncsokkal vették körül. Azonkívül az első gépekhez inkább rezet, mint vasat használtak. A vas sokáig drága anyag maradt és csak ott használták, ahol feltétlenül szükség volt rá. Ennek az volt az oka, hogy egészen a középkor végéig, mikor elő-

szőr termeltek öntöttvasat, a vaskohászatban nem történt lényegesebb technikai haladás.

A vas kiolvasztása már a legrégibb időtől kezdve, mióta csak feltalálták, faszén segítségével történt, azaz olyan szénnel, amelyet úgy nyernek, hogy a fát kevés levegő hozzájárulásával égetik el. A vastermelés mértékét tehát az erdők nagysága szabta meg. Mikor a tizenhatodik századtól kezdve az ipar aránylag gyors fejlődésnek indult, ez a tényező erősen korlátozta a vasipar terjeszkedését és ennek folytán a gépek kialakulását általában hátráltatta. Különösen Anglia, ez a fában szegény ország érezte a hiányt. 1540 és 1640 között a tűzifa ára majdnem háromszor olyan gyorsan emelkedett, mint az árak általában. Egyidőben úgy látszott, mintha az angol vasipar halálra lenne ítélve és vele együtt az egész brit ipar sokatígérő fejlődése is.

Korán észrevették, hogy sok célra a kőszén is megfelel és a tizenhatodik században rájöttek, hogyan lehet fa helyett kőszén használni némely iparágban. A kőszénrel való vaskiolvasztás azonban nehezebb probléma volt. 1612-ben Simon Sturtevant, 1619-ben Dud Dudley szabadalmaztatta erre egy eljárást és más kísérletek is történtek. Eredmény azonban kevés volt, míg 1717 körül (az időpont bizonytalan) Abraham Darby-nek sikerült vasat érceiből kőszén segítségével kiolvasztani olymódon, hogy előbb a szenet koksszá változtatta. Amikor a múlt század vége felé ezt az eljárást általánosan elfogadták és a kemencén különböző javításokat eszközöltek, többek között például hatalmasabb fújtatókat használtak, megindult az angol vasipar nagy kibontakozása. A nyersvastermelés 1788-tól 1796-ig évi 62.000 tonnáról 125.000 tonnára,

majd 1806-ig 250.000 tonnára emelkedett. Forró légáram alkalmazása, amit 1828-ban Neilson vezetett be, e számokat hatalmasan a magasba szöktette. A század közepén évente körülbelül 3,000.000 tonnát, a vége felé már mintegy 8,000.000 tonnát termeltek. Most már elegendő vas állt rendelkezésre, hogy teljesen vasból való gépeket készítsenek és egyengessék az utat a vasutak, a vasból való hajók és egyéb gépek kifejlődése előtt, melyekről a legutóbbi fejezetben beszéltünk.

Mindez a nyersvasra vagy öntöttvasra vonatkozik, amely nagy szénttartalmánál fogva meglehetősen törékeny, s ezért sok célra alkalmatlan. A kovácsolt vagy kalapálható vas, amely szívósabb, tudvalevőleg sokkal régebbi eredetű, mint az öntöttvas, mert a régi kemencékben ezt állították elő mint szivacsos szerkezetű tömeget. A termelésnek ez a módja azonban csak nagyon kis mennyiség előállítására volt alkalmas. A középkor vége felé feltaláltak egy „puddling“-nak nevezett eljárást, amellyel öntöttvasból kovácsvasat nyertek. Az eljárás röviden abból állt, hogy a megolvadt vasat olyan kemencében kevergették, amelyet vasoxid-dal béleltek ki, hogy a szén és egyéb szennyezést magába vegye. Ez az eljárás nagy ügyességet kívánt, csak kevés eredménnyel járt és még mindig faszéntüzelésre volt hozzá szükség. Kovácsolható vas nagy méretekben való termelése csak 1784-ben vált lehetővé, mikor Cort régebbi kohászok részleges eredményeit felhasználva, a puddling-eljárást tökéletesítette, amennyiben a keverést lángtereőkemencében végezte. Ebben kőszénét égetett, de úgy rendezte el, hogy csak a lángok kerültek a vassal érintkezésbe.

A tizennyolcadik században a kovácsvasnak

kalapálással és hengereléssel való megmunkálása is jelentékeny haladást tett. A középkorból származó, vízierővel hajtott kovácsolók méretei gyorsan növekedtek és 1782-ben John Wilkinson először használt gőzerőt egy hét és féltonnás kalapács működtetésére. A hatalmas, de nagyon kényes, modern gőzkalapácsot 1839-ben Nasmitli találta fel. A Bramah által 1796-ban feltalált hidraulikus sajtót Whitworth 1850 körül arra használta fel, hogy még hatalmasabb kalapácsot készítsen. Vízierővel működő, kisebb hengerlőművek Németországban a tizenötödik század elején már használatban voltak. A kalapálással már durván megmunkált vaslemezeknek ezek adták meg a végső simítást. 1750 előtt Svédországban Pelhem és mások sokat javítottak rajtuk, de az angol Cort-é az érdem, hogy 1784-ben olyan hengerlőgépet szerkesztett, amely a vaslemezeket és rudakat előzetes kalapálás nélkül hengerezte, ahogyan azok a kemencéből kikerültek. Itt is Wilkinson volt az, aki 1796-ban először használt gőzerőt.

A tizenkilencedik század vége felé kezdtek használatba jönni az elektromos áramfejlesztőgépek, a gőzturbinák, a belsőégésű motorok és a gépkocsik. Ezeknek és minden olyan gépnek, ahol a géprészek nagy erőhatásoknak vannak kitéve, alapvető anyaga az acél. Az acél különleges tulajdonságait annak köszöni, hogy széntartalma az öntöttvas és kovácsvas széntartalma között van. A középkorban az acél előállításának módszerei olyan körülményesek voltak, hogy az acél úgyszólván drágakőszámba ment. Huntsman 1720 és 1770 között kidolgozott ugyan egy eljárást öntött- vagy tégelyacél előállítására, de az acél általános használatra még ekkor is túlságosan drága volt és csak

nagyon különleges célokra, például vágóélek készítésénél, fizette ki magát. Az acél nagymennyiségben való termelése felé a döntő lépést Bessemer tette meg 1856 körül. Eljárásával elegendő acélt lehetett előállítani ahhoz, hogy minden gépalkatrészt acélból készíthettek, ahol ez az acél szilárdsága, szívóssága stb. folytán kívánatos volt. Bessemer 1854-ben újfajta lövedéket talált fel, melyet vontcsövű ágyúból kellett volna kilőni, de nem talált elég erős vasat hozzávaló ágyú készítéséhez. Ezzel a problémával való foglalkozása közben jött rá a nevére elnevezett eljárásra, mellyel nyersvasból acélt nyernek úgy, hogy a folyékony nyersvason légáramot fujtatnak keresztül, amely a szennyezéseket elégeti. A tartályt, amelyben ez végbemegy, ma Bessemer-konverternek nevezik. Bessemer eljárását 1867 körül Siemens „nyitott kemence” módszere követte, melynél az acél előállítása ugyan lassabban történik, de a keletkezett acél minősége jobban ellenőrizhető. 1877-ben használatba jött a lúgos Bessemer-eljárás, majd utána csakhamar a lúgos nyitott kemenceeljárás, melyekkel a közönségesebb, foszfortartalmú érczekből is acélt tudnak gyártani. Ezek az ércsek azelőtt alkalmatlanoknak bizonyultak. Az acél tulajdonságai nagymértékben javíthatók és a sajátságok sokkal nagyobb változatoságát lehet elérni, ha az acélt csekély mennyiségű más fémekkel ötvözik. Faraday már 1822-ben rendszeres kísérleteket végzett különböző ötvözetekkel; ezeknek azonban iparilag semmi jelentőségük nem volt. Az acélötvözetek gyakorlati alkalmazásának története 1871-ben kezdődik, amikor Mushet egy wolfram- és krómtartalmú szerszámacélt talált fel, mellyel az eddiginél sokkal nagyobb vágósebességet lehetett elérni. Ezt más ötvözetek

követték. Többek között 1882-ben a mangánacél, amely Hadfield találmánya és 1889-ben a nikkel-acél, melyet Schneider talált fel. Mushet szerszám-acélja kivételével a többit mind a fegyverkezés céljaira szánták s csak később alkalmazták őket konstruktívabb célokra. 1898-ban jött azután Taylor és White találmánya, a gyorsszerszámacél, amelyről alább még több mondanivalónk lesz.

A tizenkilencedik század végére jellemző több könnyű, vasat nem tartalmazó, alumínium alapanyagú ötvözet bevezetése is. Az alumínium csak akkor lett kereskedelmi cikk, mikor 1886-ban sikerült elektromos kemencében előállítani. Ezután minden olyan különleges célra felhasználták, ahol a könnyűség elsőrendűen fontos volt; például 1895-től a léghajóépítésnél. A duralumínium, ez az alumínium-réz ötvözet, amely arról nevezetes, hogy súlyához képest igen nagy szilárdsága van, 1909-ben jelent meg. Ezután a különböző alumínium- és később a magnéziumötvözetek egyre nagyobb szerepet játszottak a műszaki életben. A tizenkilencedik század végén a képlékeny anyagokkal foglalkozó ipar is megindult, de ezek az anyagok egészen a két háború közötti évekig a műszaki gyakorlatra nem sok hatással voltak. A tizennyolcadik század mérnökeinek a legnagyobb gondot okozta, hogy gépeiket megfelelő pontossággal építsék meg. Smeatonnak pl. egy Newcomen-féle gépben, melyet ő készített, a huszonnyolchüvelykes (kb. 74 cm) hengernél félhüvelykes (1.31 cm) hibába bele kellett nyugodnia. A gépeket csak úgy tudták működésben tartani, hogy a dugattyú tetején vízréteget alkalmaztak tömítés gyanánt. Ezt a fogást Watt gépénél nem lehetett alkalmazni, s ez indította Smeatont arra a megjegyzésre, hogy „nem létezik sem

szerszám, sem mesterember, aki ilyen bonyolult gépet elég pontosan el tud készíteni“. Watt gépe talán nem is sikerült volna, ha nem esik éppen abba az időbe Wilkinson találmánya, a megfelelő hengerfúrógép. Még 1830-ban is, az a géplakatos, aki egytizenhatod hüvelyk (1,6 mm) pontossággal dolgozott, már jó mesteremberszámba ment.

Jócskán a középkorba nyúlik vissza azoknak a gépeknek az eredete, melyekkel szilárd fatörzsek-ből szivattyúcsöveket fúrtak. Ugyanezt az elvet alkalmazták a tizenötödik század elején ágyúcsövek fúrásánál, vagyis inkább a már megöntött cső üregének tökéletesebbé tételére. A svájci Maritz 1713-ban tökéletesebb fúrót szerkesztett, amellyel tömör hengerből lehetett ágyúcsövet fúrni. Mikor a Newcomen-gép megjelent, természetes volt, hogy a hengert ilyen géppel akarták megfúrni. De a henger átmérője sokkal nagyobb, mint az ágyúcsőé. A nehéz fúrófej csak a henger alján dolgozott kellő módon s ez igen nagy pontatlanságot eredményezett. Hogy a dolgon segítsenek, különböző módszerekkel próbálkoztak, de egyik sem járt eredménnyel, míg Wilkinson, aki már előbb, 1774-ben, tökéletesebb ágyúfúrógépet talált fel, az ezt követő 1775-ik esztendőben fel nem találta a tökéletesebb hengerfúró gépet. Ennél a fúrófejet hosszú, merev rúd tartotta, amely egyenesen keresztülment a hengeren s mindkét végén alá volt támasztva. Ez a gép eloszlatta Watt gondjait gépe hengerét illetően, úgyhogy Watt 1776-ban ezt írta Smeatonnak: „Wilkinson úr tökéletesítette a hengerfúrás művészetét, úgyhogy olyan hetvenkét hüvelykes (kb. 189 cm) hengert ígérhetek, amely az abszolút pontosságtól még a legrosszabb részen sem tér el többel, mint egy vékony hatpennys pénzdarab vas-

tagsága.“ Mások fokozták még tovább tökéletesítették Wilkinson gépét, és 1830 körül a hengerfúrógép lényegileg elérte modern formáját.

Az esztergapad, melynek sok különböző formája van, a legfontosabb szerszámgép, és a tizenkilencedik század legtöbb technikai vívmánya szoros kapcsolatban van azzal, hogy rendkívül precíz géppé fejlesztették. A tizenhatodik század közepe előtt csak egyféle esztergapadot ismertek, amelynél a munkadarab két szilárd középpont között forgott. A hajtóerőt magára a munkadarabra alkalmazták, s azt a munkadarab köré tekert zsinag szolgáltatta, melyet alul rendszerint egy pedálhoz, felül pedig hajlékony rúdhoz erősítettek. 1568-ban jelent meg az első ismert rajz egy tövises esztergapadról, amelynél a munkadarabot tokmányba erősítették és a forgatóerőt erre alkalmazták. Valamivel korábban Besson egy kezdetleges menetvágó eszterga ábráját hagyta ránk. Menetvágásra szolgáló vezérorsós esztergapadok a tizenhetedik század vége előtt tűntek fel; a tizennyolcadik században nagyon elterjedt az a módszer, melynél a szerszám egyhelyben áll és a munkadarab tolódik el. Közben óraművesek kisméretű, de a modern esztergapadot megközelítő gépeket készítettek, melynél a munkadarab egyhelyben forog és a szerszám tolódik tova. Ezeknél már a csúszóvezetés nyomait láthatjuk, de olyan formában, amely csak az órákészítésnél szerepet játszó könnyű munkadaraboknak felel meg.

A tizennyolcadik század kezdetleges esztergapadjától a modern, rendkívül pontosan dolgozó gépig az átmenet döntő lépéseit Henry Maudslay munkásságának köszönhetjük. Már a VI. fejezetben említettük, hogy Bramah 1784-ben rendkívül

szellemes zárat talált fel. Ehhez azonban az akkori-
ban közkézen forgó szabványos alkatrészeknél sok-
kalta pontosabbakra volt szükség, s Bramah a zá-
rat mindamellett nagy mennyiségben akarta gyár-
tani. Maudslay Bramah alkalmazottja volt és míg
a zár készítésének problémáját igyekezett meg-
oldani, az esztergapad tökéletesítésén is munkál-
kodni kezdett. Ezt a munkáját később, 1797 után
saját műhelyében folytatta. 1797-ből való eszterga-
padja s még inkább ennek 1800-ban készült javított
változata a műszaki gyakorlatban egy új korszak
megindulását jelzi.

Maudslay-ról általában azt mondják, hogy ő ta-
lálta fel a csúszóvezetést. Ez az állítás nagyon
torzítja és aláértékeli az ő munkásságát. Kezdetle-
ges csúszóvezetést már azelőtt is ismertek, de csak
könnyű munkára használták, mint amilyen pl. az
órákészítés. A nagy esztergapad konstrukciója túl-
ságosan tökéletlen volt, hogy alkalmazkodjék
hozzá. Maudslay nagymértékben tökéletesítette a
csúszóvezetést, és nehezebb munkadarabokhoz is
alkalmassá tette. De az ő valóban fontos hozzá-
járulása az esztergapad fejlesztéséhez két javítás-
ban állott, amelyek nagyban emelték a gép pontos-
ságát, és az esztergát mint egészet, úgyszólván a
csúszóvezetésbe beleillő járművé alakították át.
Ez a két javítás az volt, hogy az egész gépet fém-
ből készítette és kidolgozta a vezéresavar pontos
vágásának technikáját. Ez a vezéresavar elég
hosszú volt, hogy lehetővé tegye nagy munkadara-
bon végighaladó szerszám használatát. Első pill-
natra úgy látszik, mintha nem volna nagy fontos-
sága annak, hogy az eddigi faalapra szerelt, egyéb-
ként fémből való esztergát teljesen fémből való
géppel helyettesítette. Pedig a gép ezúton elért na-

gyobb merevsége képezte az alapját a haladásnak a munka pontosságának szempontjából. Az állandó, nagy gonddal végzett munka, melyet 1800 után Maudslay a menetvágás módszereinek szentelt, teljesen megváltoztatta az akkoriban szokásos gyakorlatot. A menetvágás terén és a precíziós munka más ágaiban 1833-tól kezdve, Joseph Whitworth révén, aki Maudslay egyik munkása volt, további nagy haladás történt. Időközben 1815 és 1840 között több angol ember munkája nyomán kifejlődött primitív, durva őсібől a *gyalu*, a műszaki gyakorlat e másik alapvető szerszáma. De a precíziós munka általános gyakorlatának emelkedése a cserélhetőség elvén alapuló tömegtermeléssel volt nagymértékben összekapcsolva. Erről az elvről akarunk most beszélni.

A tömegtermelés az az alap, amelynek köszönhető, hogy ma sok gépet és egyéb javakat nagymennyiségben tudunk gyártani és mérsékelt áron áruba bocsátani. Ha csak 10.000 Ford-kocsit gyártanának, darabja 2000 fontba (kb. 100.000 forint) kerülne. *Egyellen* Ford-kocsi előállítására *külön*, a jelenlegi szabványos kivitelben, többtízezer fontba jönne. De a valóságban százezrével állítják elő azokat, teljesen egyformán, legfeljebb a színben és befejezettségben van csekély változatosság. A gyártás minden egyes fázisát többszázszézer-szer kell ismételni. Így aztán gazdaságos minden fázisra speciális gépet építeni, mégha mindegyik sokezer fontba kerül is. Az eredmény az, hogy egy Ford-kocsi ára száz font körül van (háború előtti ár!). Ugyanez történik a legtöbb használati tárgyunkkal, tollhegygyel, porszívóval, rádiókészülékkel stb.

A tömegtermelés két fajtáját kell szemügyre vennünk. Az egyik olyan tárgyak gyártására vo-

natkozik, amelyek csak egyetlen részből állanak, mint pl. a szeg, a tollhegy, a gombostű. Ebben az esetben nem szükséges, hogy a gyártmány két példánya igen nagy mértékben hasonlítson egymáshoz, feltéve, hogy elég közel vannak a szabványhoz, hogy a fogyasztót kielégítsék. Az ilyen cikkek tömeggyártását nem nagyon nehéz nyélbeütni az esetben, ha a kereslet elég nagy. Ahhoz, hogy igazolja különleges gépek építési költségeit, vagy egy sok munkással dolgozó gyár bérszámláját, ahol minden munkás a termelési folyamat egyetlen kis részére van specializálva. A tömegtermelésnek erre a fajtájára valóban nagyon régi példáink vannak. Talán egyik legrégibb a fémbetűöntés a középkor végén, másik példa a gombostű gyártása egy speciális géppel, amelyet pedállal hajtottak és 1680 körül Nürnbergben használtak a tű fejének a tűre való erősítésére. A svéd Polhem Kristóf több ilyenfajta árucikk tömegtermelésére 1700 körül egy gyárat tartott üzemben. Mintegy 100 embert alkalmazott és a gyártás minden lehető fokozatán vízierőt használt. Különleges gépei voltak szeggyártásra, vasrudak vagy fémlemezek vágására, voltak sajtológépei, hengerművei és így tovább. Nagy mennyiségben készen szállított ekevasat, boronafogat, kalapácsfejet, óntányért, edényt és hasonló cikkeket. Az effajta tömegtermelés másik nevezetes példáját szolgáltatta az a gyár, amely a tengerészeti minisztériumnak csigasorokat gyártott, és Angliában 1808 körül kezdett működni. A gyár terve Marc Brunel és Samuel Bentham közös munkája volt. A gépi berendezés Henry Maudslay-tól származott, aki a gépeket az egyes munkafázisok szerint speciális csoportokba osztotta. Összesen negyvennégy teljesen modern gépet tervezett, és a

termelés módszere olyan jó volt, hogy tíz gyakorlatlan ember elvégezte 110 gyakorlott ember munkáját, aki az előbbi módszer szerint dolgozott. A termelési eredmény évente mintegy 130.000 csigasorra rúgott, s túltett azon, amit azelőtt a hat legnagyobb hajógyár produkált.

Brunel és Benton példája a rákövetkező száz évben Angliában nem talált követőre, pedig Anglia továbbra is vezetett a nehéziparban és a nehéziparhoz szükséges gépek gyártásában, amilyenek pl. kovácműhelyi gépek, nagy esztergapadok és gyalugépek. A tömegtermelési módszerek és az ehhez szükséges géptípusok úttörőit azonban másutt kell keresnünk.

A csigasor tömeges gyártása némileg már megközelíti a tömegtermelés másik, finomabb típusát. Az összes kereteknek és az összes csigakorongoknak nagyságra nézve annyira egyezniük kellett, hogy bármelyik keretet bármelyik koronghoz lehessen illeszteni. Ha a összeillő párokat keresgélteni kellene, vagy az össze nem illőket újra gyártani, akkor a tömeggyártás minden előnye elveszne. A csigasor esetében nem kell hogy a részek egymáshoz illeszkedése nagyon pontos legyen, de más esetekben rendkívül pontosnak kell lenni, ha tömeggyártási módszerek használata egyáltalában szóba jöhet. Ha a készítendő cikk több részből áll, mind-egyiknek a szabványos nagysághoz kell alkalmazkodnia úgy, hogy ha találomra kiválasztunk annyi alkatrészt, amennyi a cikkhez kell, azokból a kész cikket össze kell tudnunk állítani. Az azonos alkatrészeket tetszés szerint csereberélhetjük, s ez az oka annak, hogy erről a második tömeggyártási módszerről azt mondjuk, hogy a cserélhetőség elvén alapszik. A következőkben, ha tömegtermelésre

hivatkozunk, erre a típusra gondolunk. A tizenkilencedik század elején nagyon kevés olyan finomművű géptípus volt, amelyből olyan nagy mennyiségre lett volna szükség, hogy érdemes lett volna a cserélhetőség elvén alapuló tömeggyártásukra berendezkedni. A tűzifegyverek képezték az egyetlen nagy kivételt. Egy puskának vagy pisztolynak különösen a závarzata rendkívül kényes szerkezet, amely csak akkor működik, ha pontosan van beszabályozva. A puska gyártás igen nagy ügyességet kívánó munka és a kereslet a fegyverek iránt rendkívül nagy volt. Angliában, ahol ügyesebb munkások voltak, mint bármely más országban, 1811-ben 200.000 hasznavehetetlen puskacső volt, mert nem akadt puskaműves, aki závarzatukat ki tudta volna javítani. Már 1717-ben és azután 1785-ben Franciaországban próbálkozások történtek, hogy a tűzifegyvereknek a cserélhetőség elvén alapuló tömeggyártására rendezkedjenek be. Thomas Jefferson, mikor az Egyesült Államok követe volt Franciaországban, azt írta haza, hogy Le Blanc, aki legutoljára próbálkozott az említett tömeggyártással, megajándékozta őt 50 szétszedett závarzat alkatrészeivel. „Magam állítottam össze, nem egyetlen, hogy az alkatrészeket nem válogattam, hanem találomra úgy vettem, ahogy a kezem ügyébe estek, és mégis a legpontosabban összeillettek. Könnyen belátható, hogy milyen előnyt jelent ez, ha a fegyverek javításra szorulnak.“ A francia kísérlet, úgy látszik végül is kudarcot vallott, és a módszert először magában az Egyesült Államokban alkalmazták sikerrel.

Eli Whitney 1800-ban kezdte meg a puska gyártást tömegtermelési módszerekkel és Simeon North ugyanígy járt el kissé később pisztolyok

gyártásánál. Kovácsolásra, hengerlésre, fúrásra, köszörülésre és fényezésre nagy teljesítőképességű, vizierővel hajtott gépeket használtak, de a precíz mértékre való pontos, végső kidolgozást ezen a fokon különleges szakszerű kézimunkával és különleges satuban történő reszeléssel végezték inkább, mint speciális gépekkel. Nemsokára azonban erre a célra különleges gépeket konstruáltak, amelyekkel nagy sebességgel és állandó, nagy pontossággal lehetett dolgozni. Whitney 1818-ban feltalálta a marógépet és Blanchar ugyanebben az évben a szabálytalan alakra esztergályozó esztergapadot. A csörlő vagy forgatható fejű esztergapad 1845 körül jelent meg. 1835 körül az ejtőkalapáccsal történő kovácsolásban, a fémmintasajtolásban és a mintaesztergálásban nagy haladás történt. 1855-ben Samuel Colt, akinek revolverét mindeddig szerződés alapján Whitney gyártotta, megnyitotta saját műhelyét. Az ő alkalmazottja volt Elisha K. Root, ez a remek szervező és mechanikus, aki sok új szerszámot tervezett, többek közt az ejtőkalapács erősen megjavított formáját. Root az akkor megszerezhető legjobb szerszámokkal dolgozott és így indirekt módon arra indított másokat, hogy még jobbat teremtsenek. A következő néhány évtizedben találták fel az univerzális marógépet (1861—62), a hengeres csiszológépet (amely 1864-ben került kereskedelmi forgalomba), az automatikus esztergapadot, amelynél több szerszám egymásután automatikusan váltakozik, hogy megdolgozza a munkadarabot és a gépkezelőnek nincs más dolga, mint hogy a nyersanyagot rudak formájában odakészítse, végül a többborsós esztergapadot, amelynél a munkadarab automatikusan egymásután egyik orsótól a másikhoz kerül és

mindegyiknél egy vagy több különböző megmunkálási folyamaton esik át. A többorsós esztergapad gondolata szülte aztán az olyan rendkívül nagy mértékben automatikus szerszámgépet, mint például a „Mult Au Matic“, amely közvetlenül az első háború előtt jelent meg. Ebben a gépben a munkadarab hat vagy nyolc állomáson halad át, amelyek mindegyikén egy-egy olyan műveleten megy keresztül, mint fúrás, esztergályozás, felületi megmunkálás, hornyolás stb.

Sokáig a fegyvergyárosok jártak elől a tömegtermelési technika terén, de az óragyárosok nem sokkal maradtak mögöttük. 1890-ben Eli Terry Connecticutban elkezdte fából való órák tömeggyártását és 1814-ig árukat 25 dollárról öt dollárra szállította le. Sárgaréz órák tömegtermelése kissé később indult meg és 1855-ig elérték, hogy évente átlagban 400.000-et gyártottak, úgyhogy az áruk végül darabonként 50 centre szállt le. Zsebórák tömeggyártását először 1848-ban kísérelték meg és az ötvenes években értek el vele sikert.

1850-ig a tömegtermelési módszereket, ahol csak lehetett, bevezették. Varrógépeket már csaknem kezdettől fogva tömegtermeléssel gyártottak és az ötvenes években ezek a módszerek képezték gyártásuk sikerének alapját. A tömegtermelés vette kissé később lehetővé, hogy a mezőgazdasági gépek nagymértékben elterjedtek. Az alkatrészek cserélhetősége ebben az esetben, éppen úgy mint a lőfegyvereknél, a gyárosnak és fogyasztónak egyaránt fontos volt. A mezőgazdasági gépek kijavítása ugyanis túlment a falusi kovács képességén, ezért aztán az ilyen gépek elterjedésének lényeges feltétele az volt, hogy az elromlott alkatrész pótlásáról könnyen tudjanak gondoskodni és az új alkat-

részt minden különösebb ügyesség nélkül a régi helyébe lehessen illeszteni. Az óragyártás tekintetében a helyzet más volt. Ott az alkatrészek cserélhetősége csak a gyárosra nézve birt fontossággal, mert termelési problémáit leegyszerűsítette. Írógépek tömegtermelésére a nyolcvanas években, kerékpárok tömeggyártására pedig a kilencvenes években tértek át. Ez a módszer lehetővé tette, hogy évente több száz ezret gyártsanak.

Aztán jött a gépkocsi. Az első gépkocsikat „építették” ugyanolyan értelemben, mint ahogyan az első gőzgépeket. 1902 körül aztán néhány cég a cserélhetőség elvén alapuló tömegtermelésbe kezdett. Olds 1902-ben körülbelül 2500; 1903-ban 4000; 1904-ben 5000 kiskocsit gyártott. Ford termelése 1909-ig meghaladta az évi 10.000 darabot. 1913-ig Angliában mintegy 200.000, az Egyesült Államokban 600.000 motoros jármű volt. Az autóipar a tömegtermelés technikáját egy fokkal előbbre vitte. Főképp neki köszönhetjük a modern mennyiségi termelés egy új, életbevágóan fontos formájának, az úgynevezett egyenesvonal vagy futószalagrendszernek bevezetését. Ebben a rendszerben az egész gyár szervezettsége rendkívül magas fokot ért el. Minden egyes munkadarab egész sorozat állomáson vonul végig és ezek mindegyikén néhány művelet végződik rajta. Az egész gyár egyetlen nagymértékben szervezett lény lett, amelybe több ponton nyersanyagok ömlenek be és a különböző gyártási fázisban levő munkadarabok több folyamaton folynak végig, melyek fokozatosan egymásba szakadnak, míg végül a kész árucikk, például gépkocsi, eljut a főfutószalag végére, készen arra, hogy kipróbálják és útjára bocsássák. A rendszer csiráit megtalálhatjuk azokban a módszerekben, melyek-

kel a kilencvenes években Amerikában a teherkocsikat gyártották a vasutak számára. A chicagói vágóhidak a rendszert tovább fejlesztették. Egy magasban futó szalag elkapta a sertést egyik lábánál fogva. Amint a szalag továbbvitte, gépek leölték, minden szükséges műveletet elvégeztek rajta, anélkül, hogy kézzel hozzányúltak volna, míg végre lekerült a szalagról. A rendszer olyan tökéletesen volt megszervezve, hogy a sertés minden részét feldolgozta. Azt mondták róla tréfálkozva, hogy a sertésnek még az utolsó visítását is felfogta, hogy a gyár szirénáját működtesse. 1913-tól kezdve Ford ragadta magához a vezetést, de a modern, futószalagon való termelés csak az első világháború után fejlődött ki teljesen. Azóta ezt a módszert sok más olyan cikk gyártásánál is felhasználták, amelyből nagy mennyiségekre van szükség.

Az autóipar egész sereg új szerszámgép tökéletesítését mozdította elő. Ilyen szerszámgépek: precíziós fogaskerékvágók, sokféle típusú precíziós csiszológépek, sajtolók a karosszériák, sárlányók, törzsek stb. alakítására, precíziós fémöntőformák, lyukasztó-, fúró- és menetvágógépek. Ezek közül több már előbb is megvolt, de a gépkocsik tömeggyártása adott alkalmat tökéletesítésükre és sokkal kiterjedtebb használatukra. Az automatikus gépek bevezetésére való törekvés megerősödött.

Az anyagelőállítás két vívmánya ebben az időben nagyban hozzájárult a precíziós megmunkálás haladásához. Az egyik: mesterséges köszörülőanyagok, például karborundum, előállítása volt. Ezt 1893-ban elektromos kemencében szintétikus úton állították elő. A mesterséges anyagokat sokkal keményebbre és finomabbra lehet készíteni, mint amilyen az azelőtt használatos csiszoló, a természe-

tes korund (smirgli) volt. Segítségükkel a csiszolás nagyon elterjedt megmunkálási eljárás lett, és sok esetben csaknem teljesen kiszorította a forgácsolást. A csiszolás, ami sokkal pontosabb és simább felületet ad, mint a gyalulás, ma már nélkülözhetetlen a belső égésű gépek gyártásánál. A másik új anyag a „gyors” szerszámacél, amelyre már korábban hivatkoztunk. Ezzel a vágás sebessége négy-ötszörösére emelkedett. Becsérték szerint a gyorsacél bevezetése az Egyesült Államok összes iparának évi termelését mintegy nyolc milliárd dollárral (1600 millió font) emelte, s ehhez csak mintegy húsz millió dollár értékű új acélt kellett évente felhasználni, hozzáadva természetesen a gyorsacél használatához szükséges új szerszámokat.

A megmunkálási módszerek tökéletesedésével szükségszerűen együttjárt a mérési módszerek tökéletesedése is. Itt nincsen helyünk a probléma részletes megbeszélésére. Whitworth, akiről már volt szó, igen nagy szerepet játszott a precíziós mérési módszerek kifejlesztésében. Noha Amerika a tömegtermelésben az élre szökött, még mindig Anglia vezetett sok olyan géptípus előállításában, amelyből aránylag kevés példányra volt szükség. Amerikában a cserélhetőség elvén alapuló termelés emelkedését minden fokon szükségszerűen a mérési módszerek és a különböző fajta mérőeszközök fokozatos kifinomulása kísérte.

Más nagyfontosságú eljárások, melyek megemlítését nem mellőzhetjük, az 1886-ból való elektromos hegesztés és az 1908-ból származó termitegesztés, amelyek azóta egyre nagyobb szerepet játszanak és sok esetben teljesen kiszorították az esetlenebb szegecselési és csapszegeelési eljárásokat. Az autogénhegesztés és vágás (oxigén-acetilén és

hasonló kombinációkkal) a századforduló körül terjedt el.

Az amerikai gyárosok 1914-ig a tömegtermelési módszerek és az ezzel kapcsolatos gépi szerzőszámok terén feltétlenül vezetőhelyen állottak. Még az angliai gyárosok is csak lassan vették át az új módszereket. A jég 1863 után tört meg, amikor a *British Small Arm Commission* (Brit kézfegyver bizottság) az általa „amerikai rendszernek” nevezett eljárás átvételét ajánlotta. 1914-ben még lehetett látni műhelyeket, ahol hosszas és fáradságos munkával kézzel reszeltek olyan munkadarabokat, melyek mintha egyenesen gépi marásra és csiszolásra lettek volna teremtvé. Az 1914—18-as háborúban, amikor addig soha nem tapasztalt kereslet volt hatalmas mennyiségű, precízen kidolgozott fegyverekben és más cikkekben, minden megváltozott. *A mechanikai műszaki tudomány száz éve* című könyvében Cressy így ír: „Százával vannak műhelyek, ahol azelőtt a gyorszerszámacélt jóformán csak nevééről ismerték, most pedig rendszeresen kezdik használni. Sok automata gép, különösen maró és köszörülő lopakodott be a kicsi, ismeretlen műszaki műhelyekbe, s ma már úgy tekintik őket, mint a felszerelés elengedhetetlen kellékeit. Esetlen alakú tárgyak megmunkálásánál, fúrásánál irányító alátétek használata, cserélhető alkatrészek gyártásánál a hiteles mérőeszközök használata a háborús kényszerűség nyomása alatt hallatlanul elterjedt.”

IX. A KÉT HÁBORÚ KÖZÖTT

(1918—1939)

A két háború között eltelt éveket nem annyira meglepő új találmányok jellemzik, mint a már jólismert gépek hatásfokának figyelemreméltó fejlesztése. Ez egész sereg apró találmánynak, részleteket érintő javításoknak, sokezer mérnök, feltaláló és tudós munkájának eredménye volt. 1918-ban például a legjobb elektromos erőműtelepnek másfél font (kb. 68 dkg) szén kellett egy elektromos egység előállításához. 1939-ig a legjobb erőművek ezt a mennyiséget körülbelül háromnegyed fontra (kb. 34 dkg) szállították le. Ugyanebben az időszakban a hajókat is annyira tökéletesítették, hogy adott teher szállításához szükséges energia 15—20 százalékkal csökkent, s ugyanekkor az ezt az energiát szolgáltató gépek üzemanyagfogyasztása 50—60 százalékkal kevesebb lett. A kettőt egybevetve kiderül, hogy a legmodernebb hajógépeknek harmadrész annyi üzemanyag kell csak, mint azelőtt. Az ipar egész területén megejtett javítások következtében a munka termelőképessége (azaz egy emberi munkaóra-ra eső termelési eredmény) az Egyesült Államokban 1920 és 1935 között 39 százalékkal emelkedett.

Ugyanekkor azonban ezeket a tökéletesített

technikai berendezéseket és eljárásokat nem használták ki mindig a legjobb hatásfokkal. Az *egy* elektromos egység előállítására elhasznált szén *átlagos* mennyisége Nagy-Britanniában vagy az Egyesült Államokban 1918-ban 3 font körül, 1939-ben pedig kevéssel másfél font alatt volt. Másszóval az erőművek *átlagos* hatásfoka 1939-ben csak mint egy fele volt a lehetséges legjobb hatásfoknak és éppen csak az 1918-as legjobb hatásfokkal ért fel. Az átlagos hatásfok tehát húsz évvel sántikált a legjobb hatásfok mögött. A termelőképeség fentebb említett 39 százalékos emelkedése nem járt együtt a termelt javak és szolgálatok 39 százalékos gyarapodásával. A tényleges termelés csak 14 százalékkal emelkedett ugyanebben az időszakban és a hatásfok emelkedésének többi százalékát a munkanélküliség növekedése nem engedte érvényesülni. Gyakori eset volt az is, hogy egyes iparágak, ahogy később látni fogjuk, nem vették igénybe a rendelkezésre álló legjobb gépi berendezést.

Ezzel kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy minden egyes technikai újítást nem lehet az ipar egész területén azonnal életbe léptetni. Az új gépeket el kell készíteni, be kell szerelni. Hogy ez elvégezhető-e, vagy sem, végső elemzésben attól függ, hogy áll-e erre a munkára elegendő munkaerő rendelkezésre. A tizenkilencedik század közepén is elmaradt a tényleges teljesítmény az elérhető legjobb mögött, de ez elkerülhetetlenné vált, mert a munkanélküliek száma elhanyagolhatóan kicsi volt. Hogy a teljesítmény emelkedése 1918 után a legjobb mögött elmaradt, az hasonlóképpen igazolva lenne, ha akkor hiány lett volna munkában. De milliók voltak munka nélkül és az a tény, hogy a rendelkezésre álló munkásokat nem

állították be a termelésbe, hogy annak hatásfokát a lehető legnagyobb értékre emeljék, a társadalmi organizáció hibájára vall.

Ezekkel a megjegyzésekkel kapcsolatban egy kivételről meg kell emlékeznünk. A Szovjetunióban nem volt munkanélküliség (legalább is az ország kezdeti zavaros korszaka után). Iparának hatásfoka korántsem érte el a technikailag elérhető legjobb értéket, de elérte a legjobbat, ami gyakorlatilag lehetséges volt, minthogy az összes rendelkezésre álló munkaerőt igénybe vette. A Szovjetunió kezdetben nagyon elmaradt ország volt. Fejlett ipara csak kevés, elszigetelt helyen volt, de a forradalom előtti Oroszország földművelő, mégpedig nagyon elmaradt földművelő ország volt középkori felszereléssel. 1910-ben 10 millió faeke és 18 millió faborona volt Oroszországban használatban. Csak négy és félmillió vasekét használták, nem is beszélve a modernebb mezőgazdasági felszerelés csaknem teljes hiányáról. Ez a modern felszerelés másutt már az 1800-as évek óta használatba jött. Az 1914—18-as háború és a romboló intervenciós háborúk a helyzetet még sokkal rosszabbá tették. 1928-ig tartott, míg a termelést éppen a háborúelőtti színvonalra emelték és ekkor kezdődött a szovjet nép küzdelme, hogy technikáját a fejlett országok színvonalára emelje. 1931-ben Sztálin ezt mondta: „Mi most 100 évvel vagyunk a fejlett országok mögött. 10 év alatt el kell tüntetnünk ezt a távolságot, mert különben összezúznak bennünket.”

Ezután a leggyorsabb és a legtudatosabb iparosítás vette kezdetét, amit csak ismer a történelem. 1913—1938-ig az Egyesült Államok ipari termelése 20, Nagy-Britanniáé 13, Németországé 32 százalékkal emelkedett. A Szovjetunió ipari terme-

lése ezzel szemben 1938-ban az 1913-as színvonal kilencszerese volt, annak ellenére, hogy a tulajdon képpen haladás csak 1928-ban kezdődött. Elektromos energiatermelésben a Szovjetunió világ viszonylatban 1913-tól 1936-ig a tizenötödik helyről a harmadik helyre került, széntermelésben a hatodik helyről a negyedikre, mezőgazdasági gépgyártásban pedig az ötödik helyről az elsőre. Traktorokat és kombájn áratógépeket a cári Oroszországban egyáltalán nem készítettek. 1936-ig a szovjet termelés mindkettő gyártásában az első helyre került.

Ezeket az eredményeket úgy vívták ki, hogy a gépesítés problémáját tudatosan, tervszerűen igyekeztek megoldani. A célt, hogy mindenkinek bőven jusson mindenből, csak úgy lehetett elérni, hogy a legfejlettebb technika segítségével fokozták a termelést. A technikai színvonal emelését nem bízták egyesekre, ezt az állam vállalta magára és ez volt egyik legfőbb politikai feladata. A feltalálókna minden lehető támogatást megadtak. Laboratóriumokkal, készülékekkel és minden más egyébvel pazarul ellátták őket. A nevelést úgy irányították, hogy a lehető legtöbb ügyes mérnököt, tudóst és feltalálót képezzen ki. A munkásoknak könnyítéseket nyújtottak s így lehetővé tették nekik, hogy munkájukkal kapcsolatos alapos tudásukat a gépek és eljárások tökéletesítésére használják. Találmányok százezrei származtak a munkásoktól. A Sztachanov-mozgalom megrövidítette a tudatos küzdelem útját, melynek célja az volt, hogy lehető legjobb gépeket a lehető legjobban használják ki. A fentebb megadott számok azonban félrevezethetik az embert. Noha a Szovjetunió össztermelési eredménye 1939-ig egyenlő színvonalra ke-

rült bármelyik más országgal, a lakosság számához viszonyítva még mindig alacsony volt. 1937-ben a nyersvastermelésből (amit nagyjából az egész ipari termelés indexének vehetünk) egy főre 86 kg jutott, míg ugyanakkor az Egyesült Államokban 292, Németországban 234 és Angliában 183 kg.

A rendelkezésünkre álló helyre való tekintettel lehetetlen, hogy többet nyujtsunk itt, mint a gépésítés általános irányának leírását az 1918-tól 1939-ig terjedő időszakban és aztán kiválasszunk néhány érdekesebb példát részletesebb megbeszélésre. A dolgok teljes áttekintése köteteket venne igénybe. Vegyük először az alapvető gépeket és termelési módszereket, azoknak az utódait, melyeket az előbbi fejezetben leírtunk. Ott hivatkoztunk arra, az iparban végbement forradalomra, melyet a gyorszerszámacél bevezetése idézett elő. Hasonló forradalom kezdődött, mikor a wolframkarbidot, mely keménységben mindjárt a gyémánt után következik, szerszámanyagnak használták 1926-ban és a hatást még fokozta a wolfram és a tantalkarbid keverékének bevezetése 1939-ben. Ennek az volt az eredménye, hogy a vágási sebesség újból hathétszeresére fokozódott, ami a termelés teljesítőképességének hatalmas emelkedését vonta maga után. Szerencsétlenségre ez az anyag, mely német eredetű, nemzetközi kartellek ellenőrzése alá került, ami nagyban korlátozta előállítását Németország határain kívül." Más országok lakossága ennek következtében a meggazdagodás egyik forrásától esett el; az illető monopóliumok számára viszont nem jelentett többet, mint kapitalista érdekek védelméf és a magas árak fenntartását; Németország számára pedig annak a lehetőségét, hogy hathatós szerszá-

mok segítségével újra felfegyverkezzék és biztos legyen benne, hogy a békeszerető népek hozzá képest készületlenek lesznek a háborúra.

A csiszolás, amely a legprecízebb megmunkálásnál a marás és gyalulás helyébe lépett, egyre gyorsabban terjedt. Az úgynevezett „centreless” csiszolás, bár még nem modern formájában, 1916-ban jelent meg és a huszas évektől kezdve egyre jobban használatba jött.

A fémvágás terén említésre méltó az oxigénláng- vagy autogénvágás terjedése. Ezzel olyan vastag acéldarabot is tudtak vágni, amelyet mechanikai módszerekkel lehetetlen lett volna. Ugyanekkor autogénláng segítségével gyalulással és fúrással egyenértékű műveleteket kezdtek végezni s így ez átvette a vágószerszámok egyes munkakörét. Pontossága nagymértékben megnövekedett, annyira, hogy bizonyos fajta fogaskerék vágására lehetett használni és meglehetősen önműködő lángvágógépek keletkeztek. Közvetlenül a háború előtt bizonyos esztergályozó műveletek elvégzésére is használni kezdték vágószerszám helyett, de csak korlátozott mértékben és durva munkára. A jövőre nézve azonban nagy lehetőségeket rejt magában.

A fejlődés legérdekesebb mozzanata azonban a nagyteljesítményű automaták rendkívüli elterjedése volt. Gépek és műveletek automatikus irányítására szolgáló eszközök eladása képezte 1923-ban az Egyesült Államok totális gépkereskedelmi forgalmának 8 százalékát. 1935-ig ez a százalék már 35-re emelkedett. Kisebb méretekben automata esztergapadok és hasonló készülékek teszik ezt ki, amelyeknél külön szerkezet gondoskodik a munkadarab méréséről és a gép megállításáról, mikor a munkadarab elérte helyes méretét; nagyobb méretekben a gép-

kocsialvázat gyártó berendezés, amely az A. O. Smith and Co. Milwaukee cég tulajdona. Ez minden 8 másodpercben egy teljesen kész alvázat készít, körülbelül tízezret naponta, anélkül, hogy lényegileg emberi kéz nyúlna hozzá. 120 főből álló személyzet van melléje beosztva, főképpen felügyeletre és karbantartásra, úgyhogy egy alváz 16 emberi munkaperc műve. Ez a gép készíti az Egyesült Államokban használt gépkocsik hetvenöt százaléka alvázat, eltekintve a Ford-kocsiktól. Fordéknak ugyanis hasonló, saját berendezésük van.

Egyik legfontosabb automata az automata fröccsöntőgép; ez a fröccsöntés továbbfejlesztése, amelyet a század elején a gépkocsiipar teremtett meg. Az ilyen gép állandó fémformákban nagy sebességgel önti ki a tárgyakat. A gép nincs nagyon specializálva és csak a kokillát vagy öntőformát kell kicserélni, ha újfajta tárgyat akarnak előállítani. Egyszerűsége miatt a gépet nagymértékben automatikussá lehet tenni. A gép egy típuspéldánya a háború előtt körülbelül 1000 fontba került. Egyetlen ember kellett a kezeléséhez és percenként nyolc, évente több mint négy millió darabot önt, ha állandóan üzemben van. Ha javítanivaló akad rajta, természetesen le kell állítani, de két ilyen gép, ha csak félidőben dolgozik is, fedezni tudja a világ egész gépkocsiiparának hűtősapkaszükségletét. Ilyen gépekkel kapcsolatban felmerül a gondolat, vajjon a modern technikát ki lehet-e használni teljes mértékben, ha az ipari gazdálkodás több egymással versenyző egység rendszerére épül fel.

A fröccsöntés bizonyos ötvözetekre van korlátozva, vannak azonban az említett géptől meglehetősen eltérő típusú, nagyobb és bonyolultabb automata öntőgépek, melyek csaknem minden fémre

öntenek. Említésre méltó példa a szovjetorosz Klimovszkban felállított automata öntőgép vasöntvények készítésére. 10.000 darabot termel egy kétszakmányos napon. Az emberi munkaerőszükségletet 60 százalékkal, a fémvágó segédgépeket, melyeket egyébként a munkadarab végső kikészítéséhez szoktak használni, 75 százalékkal, a termelési költségeket pedig 50 százalékkal csökkentette.

Az olyan eljárásokat lehet legegyszerűbben automatikussá tenni, amelyeknél, mint például az öntésnél, a nyersanyag egyforma, úgyhogy a gépnek nem kell válogatáshoz hasonló műveleteket végezni. Már nem ilyen egyszerű a probléma, ha „válogatásra“ is szükség van. De ezt is meg lehet oldani olyan mozgó géprészek útján, melyek a munkadarabot úgyszólván *kitapogatják*. Ezzel szemben, ha a termelésnél a válogatási műveletet emberek végzik, ez csaknem mindig *látás* útján történik. Ezért tekinthetjük a szóbanforgó korszakban az ipari fejlődés talán legforradalmibb lépésének a fotoelektromos cella, vagy másnéven „elektromos szem“ alkalmazását, egész sor különböző eljárásnál. A fotoelektromos cella fényerőingadozásokat elektromos áramingadozásokká alakít át, ami viszont erősítők és relék útján mechanikai szerkezetet hoz működésbe. A legrégibb fotocellatípus 1873-ból való és azon a felfedezésen alapszik, hogy a szelén elektromos vezetőképessége a ráeső fény mennyisége szerint változik. A fotocellák azonban, melyek ezen elv alapján készülnek, a változó fényimpulzusokra csak lassan reagálnak. A modern, rendkívül érzékeny fotocella azon alapszik, hogy bizonyos anyagok elektronokat bocsátanak ki magukból, ha fény esik rájuk. Ez a találmány főképp 1908 után fejlődött ki, pedig már a nyolcvanas években meg-

voltak azok a fontos felfedezések, melyeken a készülék alapszik.

A fotocellát ma már számtalan területen alkalmazzák; így például olyan árucikkeknek, mint a rizs, a bab, vagy a szivar stb. válogatásánál és osztályozásánál. Fotocella válogatja ki és különíti el azokat a konzervdobozokat, amelyek címke nélkül jönnek ki az automatikus címkézőgépből. Fotocellát használnak például egy rajz „végigmustrálására” és a szerszám irányítására, mely a nyomda számára a rajzot rézbe metszi. De a fotocellával kapcsolatos legnagyobb lehetőségek a fémkohászat és a műszaki termelés alapvető eljárásaira való alkalmazásában rejlenek. Fotocella segítségével lehet a gőzhengermű hengereinek forgásirányát megváltoztatni, fémrudakat adott hőmérsékleten a kemencéből kiemelni, a gépi megmunkálás után az árucikkeket automatikusan megvizsgálni és így tovább. Az Egyesült Államokban beszámolnak egy ilyen vezértengely-vizsgáló gépről, amelynek segítségével négy ember végezheti el azt a munkát, amelyhez azelőtt tizennyolc ember kellett. Megemlíthetünk példaképpen egy 1939-ből való angol automatikus főtengelyfúró és lyukmaró gépet, amelynek működését a szokásos mechanikai butykös berendezés helyett egy fénysugár szabályozta, amely korongba vágott résen át fotocellára esik. Még forradalmibb újítás híre jött Szovjetországból. Részletek ugyan nem állnak itt még rendelkezésre, de a találmány, úgylátszik, egy 1940-ből való fotoelektromos munkapad, amelynél fotocella olvassa le a tervrajz fénymásolatát és ellenőrzi, hogy egy vagy több esztergapadon a szerszámok a tervnek megfelelően végzik-e munkájukat. A legutóbbi háború alatt az Egyesült Államokban hasonlóképpen

fotocellát alkalmaztak egy autogén vágógép irányítására.

A fotocellának ilyen alkalmazásai és más hasonló készülékek, melyek hőmérséklet, kémiai vegyületek mérésére stb. szolgálnak, azt a reményt keltik, hogy idővel sikerül kiküszöbölni mindazokat az egyhangú munkákat, amelyeknél az emberi ítélőképességet csak arra használják, hogy eldöntse, vajjon egy árucikk megfelel-e vagy nem egy adott szabványnak. Az ilyen egyhangú munka, melyet nap mint nap végnélkül teljesen egyformán kell végezni, rossz hatással van az emberre. Ez képezi a tömegtermelési módszerek egyik legkomolyabb problémáját. A megbeszélte fejlődés módot ad a probléma megoldására, de C. C. Furnas *A következő száz esztendő* című könyvében így ír: „Nem járok messze az igazságtól, ha azt mondom, hogy legalább egymillió munkás van Amerikában, aki olyan gépies, begyakorlással járó munkát végez, mint az osztályozás, felülvizsgálás, ellenőrzés s akiket olcsón és eredményesen lehetne olyan készülékekkel helyettesíteni, amelyeket fotocella működtet.” A jelen könyv szerzője hajlandó azt hinni, hogy az ilyen szükségtelen ismétlődő munka mennyisége Angliában még nagyobb, mint Amerikában és ez könnyen beláthatóvá válik, ha számításba vesszük azt a fejlődést, amelyet az olyan találmányok, mint a fotoelektromos esztergapad, sejtetnek.

Ezekkel a vívmányokkal egyidejűleg, amelyek a termelés alapszereiben következtek be s amelyeket csupán néhány példával vázoltunk, a felhasználható nyersanyagok sorozata is fontos új anyagokkal gyarapodott. Meg kell említenünk a képlékeny anyagok gyors fejlődését, amelyek egyes

műszaki célok tekintetében túltesznek a fémeken; egész sereg új ötvözetet, különösen az alumínium és a magnézium könnyű ötvözeit. A fémek hőkezelésének módszerei is tökéletesedtek, az új módszerek ugyan legnagyobb részt arra a technikára épültek, amelyet már 1918 előtt durvább formában használtak. A sok közül egy példa a „Shorter“-eljárás, melynek célja az acél helyi edzése. Az eljárás abban áll, hogy az acélt forrasztócsővel felhevítik és utána azonnal vízszugárral lehűtik. Az eljárás finoman irányítható és lényegében automatikussá tehető.

Túlmenne a könyv célján, ha a villamosításnak a két háború között végbement fejlődéséről rövid beszámolóval többet adnánk. De valamennyire mégis ki kell terjeszkednünk rá, mert az elektromosságnak egyes célokra való felhasználása olyan rendkívüli módon elterjedt, hogy az ipart forradalmasította. Így például kicsi és gazdaságosan működő egyes motorokkal helyettesítették az esetlen transzmissziókat és szíjakat, amelyek a gőzgépet a munkagépekkel összekapcsolták; a fémek előállítására új elektrolitikus módszereket hoztak be. Ugyanekkor elektromos berendezési tárgyak megváltoztatták az otthoni élet arculatát. Angliában például a század elején az elektromosság termelési eredménye évente körülbelül 125 millió egységet tett ki és ez a szám 1928-ban 9927 millióra, 1939-ben 26.409 millióra emelkedett. A hatásfok rendkívül megjavult, ahogy ezt már megjegyeztük. Hatalmas erőműtelepek, amelyek magasfeszültség mellett kábelek útján 200—300 mérföld távolságra küldik energiájukat, léptek a kicsi, helyi egyenáramú állomások helyébe, amelyek az évszázad első felében működtek. Mindamellet a haladás nem egykönnyen

ment végbe. Mr. S. B. Donkin az „Institution of Civil Engineers“ akkori elnöke, 1938-ban a glasgowi nemzetközi mérnöki kongresszuson ezt mondta: „A korábbi technikai fejlődéssel egyáltalában nem járt együtt az egész ipar organizációjának tökéletesebbé válása és nincs semmi, amit egy elfogulatlan szemlélő elé tárhatnánk, mint bizonyítékot, hogy a vállalatoknak valami átfogó politikájuk vagy elképzelésük van arra a szerepre nézve, amelyet a villamosság a jövőben a nemzeti életben játszhatik.“ Az elektromos energiát termelő ipar volt csaknem az első,¹⁶ amelynél világosan megmutatkozott, hogy az ipari organizációnak azok a formái, amelyek az élet segélyforrásainak kifejlődésében több mint két évszázadon keresztül olyan nagy szerepet játszottak, nem alkalmasak arra, hogy ezt a fejlődést tovább vigyék. Az 1914—18-as háború erőfeszítései az elektromos iparban nagy gyengeségeket fedett fel, és néhány évi vizsgálat után a kormány rájött arra, hogy ezt az ipart csuk úgy lehet megfelelően megszervezni, ha azt az ágát, amely az energia továbbvitelével foglalkozik, államosítják és az energia előállításával foglalkozó ágát ezzel összhangba hozzák. Ez meg is történt egy 1926-ból való törvénycikkben, amely gondoskodott az „országos elektromos hálózat“ felállításáról. Ennek létesítése korunk egyik legnagyobb műszaki teljesítménye. Az ipar hatásfokának jelentékeny megjavulása volt az eredmény. Azelőtt minden egyes erőműtelepnek elegendő gépet kellett fenntartania, hogy a terhelés csúcsértékeivel megbirkózhasson (bár ezek naponta csak egy vagy két órát jelentenek) s ezenkívül még jelentékeny számú tartalékgépet is, arra az esetre, ha valami üzemzavar állna elő. Most azonban a csúcsterheléssel dolgozó

erőművet kiegészítheti egy olyan, amely csak kevésbé van megterhelve. A legjobb hatásfokkal dolgozó gépeket állandóan üzemben tartják, a régebbi erőműveket pedig csak a terhelés csúcsértékeinek fedezésére használják, s így az energiatermelés átlagos költsége kisebb lesz. Emellett az erőműtelepek összekapcsolása lehetővé teszi, hogy egyetlen tartaléktelep üzemzavar esetén több erőmű segítségére lehet. 1928-ban, mikor az országos hálózat létesült, egy generátor egy év alatt átlagosan 1127 órát volt üzemben. 1939-ig ez az idő 2701 órára emelkedett. A generátorok tehát sokkal rövidebb ideig voltak tétlenségre kárhoztatva, ami rendkívül nagy megtakarítást jelentett a generátorokba fektetett tőke után járó költségek tekintetében. 1937-ig a megtakarítás 27 millió fontra rúgott és kevesebb mint tíz év alatt fedezte az országos hálózat létesítésének eredeti költségeit.

Másutt is hasonló törekvések mutatkoztak. Az Egyesült Államokban az elektromos ipar legnagyobb része magánosok kezében van, de a legkiemelkedőbb haladás az államok tulajdonát képező telepeken történt, amilyen például a Tennessee völgyében levő erőmű. Ennek köszönhető, hogy ez a vidék az Egyesült Államok egyik legfejlettebb ipari körzetévé nőtte ki magát. A völgyben az elektromos energia átlagos házi fogyasztása két év alatt 146 százalékkal emelkedett.

A tervszerűség kulcsfontja minden gazdaságos elektromos berendezésnek. Szovjetunió tervszerűen szervezett iparával ezért különleges előnyben volt a többi országok felett, bár ezzel az előnnyel szemben azzal a hátránnyal kellett megküzdenie, hogy a fejlődésnek rendkívül elmaradt iparból kellett kiindulnia, az eddig elért eredmé-

nyek valóban bámulatosak. Az 1920-ban előállított 500 millió egység 1927-ig 4.250, 1932-ig 13.540, 1937-ig 36.400 millió egységre emelkedett. Az egész ipari élet tervszerű irányítása lehetővé tette, hogy az erőműveket sokkal jobban kihasználják, mint bárhol másutt. Így például a kerületi erőművek generátorai a Szovjetunióban 1935-ben 4.300 óráig voltak üzemben, míg Angliában ugyanekkor csak 2.300 óráig.

Az elektromosipar technikai haladása 1918 óta legnagyobb részét fokozatos tökéletesítéseken mult: a hatásfok emelésén, magasabb feszültségen való erőátvitelen stb., melyek tárgyalása nem lenne itt helyénvaló. Eltekintve egyes kísérleti eredményektől, melyeket a magasfeszültségű egyenárammal való erőátvitel terén értek (ami lehetővé tenné sokkal nagyobb távolságok áthidalását), az egyetlen kiemelkedő technikai újítás a kombinált hő- és energiafejlesztés volt. Ennél a hőt, mely a gőzturbináknál szükségszerűen a kondenzátorba vándorol, s eddig veszendőbe ment, melegvíz vagy gőz útján csöveken gyárakba vagy háztömbökbe vezetik, ahol a lokális fűtőberendezések helyett használják fel. Ez a módszer mintegy 30 százalék tüzelő-megtakarítást jelent. Ennek a különleges eljárásnak bevezetésében a Szovjetunió vezet az egész világon, bár egész körzetek közös központi hőellátása az Egyesült Államokban sem ritkaság, de ott ez nincs kapcsolatban az elektromos energiatermeléssel.

1918-ig kifejlődtek azok a gépek, amelyek a mezőgazdasággal kapcsolatos eljárásokat, a szántást, talajjavítást, a vetést, az aratást, a gabonaművek cséplését, a szénával és a kapásnövényekkel végzendő egyes műveleteket mechanizálták.

Ezekén kívül számos, sokféle célt szolgáló gép is kialakult, melyet nem említettünk. A traktor már kezdi kiszorítani a lovat. Az 1918-at követő években nagymértékben tökéletesítették, és 1924 körül megjelentek azok a traktorok, melyekkel a talajt fiatal növények sorai között is meg lehet művelni. Hogy traktorokat és más gépezeteket milyen mértékben használtak, az országról-országra jelentősen változott. Az Egyesült Államokban, ahol a fejlődés a leggyorsabb volt, a traktorok száma 1918-tól 1939-ig 80.000-ről 1,600.000-re emelkedett. Ez annyit jelent, hogy minden száz mezőgazdasági munkásra mintegy tizenöt traktor jutott.¹⁷ Nagy-Britanniában azonban 1939-ben csak 55.000 traktor volt, azaz száz munkásra csak nyolc. A Szovjetunióban 1920-ban csak 700 traktor volt. Ez a szám 1938-ban már 483.000-re és 1940-ben 523.000-re emelkedett. A kollektív farmokba szervezett mezőgazdaságban a gépeket sokkal hathatósabban fel lehet használni, mint bárhol másutt. Ha a mezőgazdasági munka mértékegységül egy acre (4047 négyszögméter) terület felszántásánál végzett munkát választjuk, egy szovjet traktor átlagos munkája 1936-ban 1210 acre volt, ezzel szemben egy USA-traktoré csak 225. Ez annyit jelent, hogy noha az Egyesült Államoknak négyszerannyi traktoruk volt, mint a Szovjetuniónak, a munka amit 1936-ban végeztek, mintegy 350 millió acre felszántásával egyenértékű, szemben a Szovjetunió traktorjainak közel 600 millió acre felszántásával egyenértékű munkájával. Becslések szerint az angliai traktorok teljesítményét hasonlóképpen könnyűszerrel meg lehetne háromszorozni. A Szovjetben 1940-ben a szántás és vetés mintegy kilencven százalékát gépekkel végezték és a gabonaneműek 50 százalékát

kombájnnokkal aratták le. Az utóbbi számot az Egyesült Államokban 1938-ban érték el.

Azok közül az új mezőgazdasági gépek közül, melyek ebben az időszakban használatba jöttek, egyik legnevezetesebb az úgynevezett „gyrotiller“. Ez a gép hernyótalpakon mozog és a talajt a föld alatt forgó pengékkel munkálja meg. Az elvet már 1868-ban kipróbálták Kaliforniában és a hetvenes és nyolcvanas években Angliában, de akkor még a hernyótalp hiánya és a húzására szolgáló gőzgép nagy súlya miatt a kísérlet nem járt sikerrel. Eredményesen dolgozó gépeket kevéssel 1930 után készítettek. Ugyanezt az elvet alkalmazták kisebb méretekben olyan gépek készítésénél, melyek veteményeskertekben végzendő munkára alkalmasak.

A mezőgazdaság más ágaiban a gépesítés még gyermekcipőben jár. Az árkolási és csatornázási munkákat ebben az időszakban sikerrel gépesítették. Említésreméltó a fejlődés, amelyen a főzelékfélék és a kapásnövények megmunkálására való gépek keresztülmentek. Az előbbi fejezetben leírt burgonyaszedő-gépeket jelentékenyen tökéletesítették, bár még 1939-ben is, az úgynevezett „elevátorlifter“ csak kedvező talajon dolgozott eredményesen. A répaszedés gépesítésére is történtek kísérletek, melyeknek sikerét a mezőgazdasági minisztérium ujságjának közleményéből ítéldhetjük meg, melynek egy mondata így szól: „Többféle répaszedőgép áll rendelkezésre, s közülük némelyik mindenesetre komoly figyelmet érdemel.“ Fialat főzelékpálánták átültetésére jólműködő gépek készültek. A kísérletek, hogy a len aratását mechanikus úton végezzék, általában nem jártak sikerrel, de Szovjetunióból 1940-ből származó tudósítások arról számolnak be, hogy a munkálatok

kedvezően haladnak egy kombájn készítésére, amely három acre len termését egy óra alatt learatja, megtisztítja és összekötözi. A Szovjetunióban olyan gépekkel is kísérleteznek, amelyek elvégeznek olyan munkákat, melyeket eddig teljesen kézzel kellett végezni, mint például tealevelek szedése, sajtolása és a teacserjék nyesése.

A gépesített gyapotszedésnek különösen szerencsétlen története van. Az Egyesült Államokban szabadalmaztattak először egy gyapotszedőgépet 1850-ben és 1937-ig több mint 900 szabadalmat lajstromoztak. Ennek ellenére a gyapotot még mindig csaknem kizárólag kézzel szedték. Egy újabb géppel kapcsolatban, amely hét és fél óra alatt annyit végez, mint egy jó gyapotszedő munkás öt hét alatt és amely 75 százalékkal le tudná csökkenteni az elvégzendő munkát, az Egyesült Államok kormányának „Technológiai irányzatok” című jelentése megjegyzi: „A túltermeléstől való félelem, amellyel a jelenlegi árszínvonal letörése és a gyapotszedők tragikus elbocsátása járna együtt, aggályossá teszi a Rust fivérek által feltalált automatikus gyapotszedő bevezetését... A feltalálók, akik tudatában vannak a találmányukkal együttjáró forradalmi következményekkel, maguk sem óhajtják alkalmazását, csak azt akarják, hogy próbaképpen vezessék be egy Mississippi állambeli kooperatív farmon és a Szovjetunióban, ahol a munkanélküliség problémája nem létezik és a gépek bevezetését el lehet rendelni.” Végső elemzésben a baj gyökere a kézzel való gyapotszedés olcsóságában rejlett, e munka olcsósága pedig annak az alacsony életszínvonalnak következménye, melybe a déli államok néger lakosságát belekényszerítik. Kétséges, vajjon ez vagy bármely más gyapotszedő-

gép elé tökéletes-e már, hogy kielégítő eredményt adjon. De mégha nem is lenne így, nem mehetünk el ma sem minden kárhoztatás nélkül a tény mellett, hogy olcsó a munkaerő és ennek következtében nem nagyon van, ami ösztönözne, hogy géppel helyettesítsük.

Mindezekből a példákból az derül ki, hogy a mezőgazdaság gépesítésében rejlő lehetőségek legnagyobb részét csak a jövőben fognak kibontakozni.

A VII. fejezetben említettük, hogy a szénbányászás két fontos mozzanatának, a szén fejtésének és a fejtés helyéről való elszállításának gépesítését 1918-ig sikerült megvalósítani. Ezzel kapcsolatban is érdeklődésre tarthat számot, hogy a különböző országok milyen arányban vették ki részüket a haladásban. Az Egyesült Államokban 1913-tól 1935-ig a géppel fejtett bitumenes szén százaléka 51-ről 79-re emelkedett. Angliában ezzel szemben az amerikai 1913-beli 51 százalékos színvonalat csak 1935-ben érték el, és 1939-ben is csak 61 százalékgig jutottak. Hasonlóképpen 1939-ben az angol szénnek csak 58 százalékát szállították el gépierővel a fejtés helyéről. A Szovjetunióban, ahol 1913-ban a fejlődést hátráltató cári uralom alatt a szénnek csak 1.7 százalékát fejtették géppel, a szénbányászás gépesítésének irama valóban figyelemreméltó. 1940-ben a szén 95 százalékát már géppel fejtették, s úgy mondják, hogy ennek az iparnak gépesítése itt nagyobb mérvű, mint a világ bármelyik országában.

Hogy az angol bányák gépesítése ilyen komoly mértékben elmaradt a többi országok mögött, ez természetszerűleg azzal járt, hogy a munka produktivitása alacsony, a javak ára pedig magas színvonalon maradt. Mivel pedig jóformán az egész

angol ipar a széntől függ, mert hiszen ez szolgáltatja a gépek hajtóerejét, a szénbányák elmaradottsága az angol ipari haladás komoly kerékkötője volt.

A második világháború eseményei az angol népet ezekre a tényekre alaposan kioktatták, és a kormány egy Szénipari Technikai Tanácsadó Bizottságot állított fel, melynek élére Mr. C. S. Reid-et nevezte ki. Reid 1945-ből való jelentése a helyzetre élénk fényt vet. A jelentés azt mondja, hogy különböző természeti feltételek érvénytelenné tesznek ugyan minden összehasonlítást a brit és az amerikai ipar között, de „Anglia természeti viszonyai a Ruhrvidékkel és Hollandiával hasonlíthatók össze, s így ezek a viszonyok nem magyarázzák meg, hogy az egyes ember 8 órai munkájára vonatkoztatott termelési eredmény miért oly sokkal kisebb Angliában, mint ezeken a vidékeken. 1936-ban például Angliában ez 23.54 angol mázsát tett ki (1 angol mázsa 50.8 kg), míg Hollandiában 35.94, a Ruhrvidéken pedig 33.66 mázsa volt az eredmény, annak ellenére, hogy 1913-ban Anglia ezeknél az országoknál valamivel előbbre tartott.“ Az alacsony termelési eredmény magyarázata, mondja a bizottsági jelentés, nemcsak a bányaműveletek gépesítésének elmulasztásában rejlik, hanem sokkal inkább a bányatelepítés és az ezzel nagymértékben összefüggő földalatti szállítási rendszer általános megtervezésének silányságában. A tervszerű bányászat általános kérdései e könyv keretein kívül esnek, de a tényt hogy az angol ipar ebben a tekintetben elmaradt, meg kell említenünk, mert, amint a Reid-féle jelentés hangsúlyozza, az idejétmúlt telepítés és felvonórendszerek, nem tudván lépést tartani a fejtésnek gépesített módszerekkel elérhető nagyobb

termelési eredményével, fontos tényezőivé lettek annak, hogy a gépi fejtés és szállítás bevezetése késedelmet szenvedett. A jelentés ajánlja az ipar drasztikus technikai újjászervezését, és ezt mondja „...arra a következtetésre jutunk, hogy nem elég egyszerűen csak ajánlani technikai változtatásokat, amelyeket teljes mértékben megvalósíthatóknak gondolunk, mikor előttünk, bányamérnökök előtt nyilvánvaló, hogy nem lehet őket kielégítő módon keresztülvinni az ipar mai szervezettsége mellett”. Így, egyéb megfontolásoktól eltekintve, a szénbánya-ipar nemrég történt államosítása nélkülözhetetlen lépés volt affelé, hogy ez az ipar visszanyerje technikai jóhírét, amelyre sürgősen szüksége van.

Figyelmünket most azoknak a bányagépeknek újabb fejlődése felé fordítjuk, amelyeknek értékét ebben az időszakban nem lehetett teljes mértékben megállapítotttnak tekinteni. 1918-ig, amint láttuk, tapogatózó kísérletek történtek abban a tekintetben, hogyan lehetne a szenet a fejtés helyén gépierővel a szállítóműre lapátolni. De gyakorlati eredményről csak 1922-től számolhatunk be, mikor J. F. Joy gépével kezdtek dolgozni. Mindamellett nem mondhatjuk, hogy a probléma minden körülmények között kielégítő megoldást nyert, Amerikában még 1937-ben is a bitumenes szénnek csak 17 százalékat lapátolták gépek segítségével, és Anglia 1939-ben csak körülbelül húsz ilyen géppel rendelkezett. A fejlettebb országokban újabban olyan gépekkel kísérleteznek, melyek egyfolytában vésik, fejtik és lapátolják a szenet. Remény van rá, hogy be fognak válni, de értéküket egyelőre még be kell bizonyítaniok.

1914 előtt kipróbálták az ötletet, hogy alávésés után hidraulikus erővel működő gépek segítségével

vel fejtsék le a szenet, de a gépeket keveset alkalmazták egész 1936-ig, mikor, legalább is egy angol szénbányában, kitűnő eredménnyel működtek. A különlegesen erre a célra fúrt lyukba dugattyúkkal ellátott hengert dugnak. Hidraulikus erő előrelöki a dugattyúkat és letöri a szenet. Ez a módszer kevesebb aprószenet ad, mint a robbantás és sokkal biztosabb.

1937-ben egy sverdlovski bányában (Szovjetunió) kipróbálták a hidromechanikus bányászás új módszerét. A szenet a fejtés helyére irányított nagynyomású vízszugár szakítja le és viszi tovább. A víz így nemcsak fejt, hanem szállítja is vályukban a szenet, sőt a kisebb darabokat a vízzel együtt a felszínre lehet szivattyúzni. A becslések szerint ez a módszer a termelést megháromszorozza, a költségeket pedig a felére csökkenti. 1940-ig már több bányában alkalmazták.

A legnagyobb szovjet újítás azonban a szénnek föld alatt történő elgázosítása volt. Itt ugyan nincs szó szorosán vett „szerszámról“ vagy „gépről“, de az energia-termelést érintő hatása miatt kissé meg kell tárgyalnunk. Ez az eljárás teljesen kiküszöböli a bányászást, és a széntelepet földalatti gázgyárrá alakítja át. Levegőt vagy gőzt, vagy együtt vagy egymásután mind a kettőt, szivattyúznak le egy aknán az égő szénhez és egy másik aknán feljön a gáz, melynek összetételét tetszés szerint változtathatják. A módszer ötletét már a század elején egy angol vegyész, William Ramsay felvetette, de nem próbálták ki addig, míg a szovjet kísérletek 1933-ban meg nem kezdődtek. Sok nehézséget kellett legyőzni, de 1940-ig elkészült az első nagyszabású ipari állomás, melyet aztán több követett. A módszernek a bányászás felett

több előnye van, legalább is bizonyos típusú széntelepeknél. Megszünteti a földalatti munka veszedelemét. Míg bányászati módszerekkel a telep széntartalmának csak 60 százalékát lehet kitermelni, ezzel 80—90 százalékot lehet elérni. Az új módszerrel gazdaságosan lehet olyan szénrétegeket is kitermelni, melyek a közönséges módszerek számára túlságosan vékonyak vagy gyenge minőségűek. (Ezideig ilyenek kitermelésére alkalmazzák, és lehet, hogy gazdagabb rétegek esetén kevésbbé előnyösnek bizonyul.) Noha ez a módszer még csecsemőkorát éli, úgy vélik, hogy a szénből való energiatermelés költségeit máris a szokásos eljárás költségeinek harmadrészére csökkentette. A nyert gázt elektromos erő előállítására, szintetikus vegyi iparok alapanyaga gyanánt használják, s azonkívül fogyasztók között osztják szét mint közönséges városi gázt.

A szintetikus vegyi iparoknak, amelyekre az imént hivatkoztunk, de tulajdonképpen *minden* szintetikus vegyi iparnak és még sok más iparnak is szüksége van olcsó és bőséges oxigénforrásra. Különleges érdek fűződik tehát egy másik, új s ugyancsak Szovjetunió-ból származó találmányhoz. Az oxigént cseppfolyós levegő lepárlása útján nyerik és a VII. fejezetben megemlítettük Linde és Claude eljárását cseppfolyós levegő előállítására. Ugyanúgy, ahogy a gőzturbina jobb hatásfokkal dolgozik, mint a dugattyús gőzgép, a levegő cseppfolyósításánál is jobb hatásfokúnak kell lennie egy turbinának, mint a Claude-féle dugattyús gépnek. Ez a gondolat már régebben felmerült, de a kivitel nehézségei olyan nagyok voltak, hogy 1939-ig semmi haladás sem történt. Ekkor Kapitza készített egy gyakorlatilag hasz-

nálható gépet, amelynél percenként 40.000 fordulatot végző turbinában megy végbe a levegő cseppfolyósítása. Linde és Claude eljárásánál a levegőt 200 légköri nyomásra kell összesűríteni. Kapitza módszerénél csak 5 légköri nyomásra van szükség, ami csökkenti a kompresszor méreteit és költségét. Már az első mintadaraboknál ugyanazt a hatásfokot érték el, mint a korábbi eljárásoknál. Azóta a Szovjetunióban az új eljárást nagy méretekben kifejlesztették, és noha az eredményről részletek nem állnak még rendelkezésünkre, úgy látszik, hogy a hatásfokot mintegy 20 százalékkal sikerült megjavítani.

1918 óta az egyik legnevezetesebb találmány élelmiszerek hűtéssel való konzerválásával van kapcsolatban. Ehhez nem szükséges nagyon alacsony hőmérséklet, csak amilyen a házi hűtőszekrényekben szokott lenni. A korábbi hűtőgépek szerkezetének elengedhetetlen része egy szivattyú volt. Az új hűtőgépet, melyet 1923-ban egy svéd cég szabadalmaztatott, kizárólag hőenergia működteti és szivattyú nincs benne. A találmány a feltaláló kiváló szelleméről tanuskodik. A hő, melyet a hűtőgép elvon a tárgytól, melyet hűt, átadódik a környezetnek. Másszóval a hűtőgép egyúttal fűtőgép is, és ebben a formájában „hőszivattyúnak” nevezik. Ha elektromos erővel működik, hatásfoka sokkal jobb, mint a közismert elektromos ellenálláson alapuló fűtőtesteké. Kelvin már 1852-ben felvetette az ötletet, de csak a legújabb években valósult meg gyakorlati felhasználása. Már eddig is előnyösnek mutatkozott bizonyos ipari eljárásoknál, melyeknél hevítésre van szükség, azonkívül középületek fűtésénél, és nagyon valószínű, hogy a jövőben privát házak fűtésénél is nagy jelentősége lesz, jó hatásfoka és

amiatt, hogy megfordítva, meleg időben, hűtésre lehet használni.

Az 1875-től 1895-ig terjedő két évtizedben történt a gázmotor tökéletesítése, a benzin- és olajmotorok főtípusainak kialakulása, ideértve a Diesel-motort, s a gőzturbina kifejlődését. Ezzel az időszakkal összehasonlítva a két háború között eltelt 20 esztendő erőgépek feltalálása tekintetében nem mondható nagyon figyelemreméltónak. A gépek hatásfoka természetesen nagymértékben megnövekedett ebben az időszakban, ahogy ezt a fejezet kezdetén kifejtettük. Ezenkívül röviddel a második világháború előtt az erőgép egyik alapvetően új formája ment át, úgy látszik, fejlődésének kritikus pontján, tudniillik a belsőégésű turbina, amelyben egy égő gáz vagy elgázosított folyékony üzemanyag feszítő ereje közvetlenül hajtja a turbinát. Vannak nyilvánvaló előnyök, melyeket egy ilyen gép megvalósításától remélni lehet. Ezek főképpen a csekély beruházási költségek, adott teljesítményre számított kicsiny súly és méretek, a gőzgéphez képest gyors indulás, függetlenség a vízellátástól és a szerkezet egyszerűsége. A gép legfőbb hátránya az, hogy ha megfelelő hatásfokot akarunk vele elérni, nagyon magas hőmérsékleten kell működnie, ami viszont igen magas követelményeket támaszt a gép építésénél felhasznált anyagokkal szemben.

Elégké furesa, hogy az első ismert javaslat olaj-üzemanyaggal járó gép szerkesztésére, amely 1791-ből John Barbertől származik, egy kezdetleges típusú turbinára vonatkozott. Ez persze csak futó ötlet volt minden gyakorlati fontosság nélkül. A tizenkilencedik század vége fe'é azonban gyakorlatilag használhatóbb próbálkozások történtek. Az

első sikeresebb gépet 1905-ben Holzwarth tervezte, s ezt többszöri próba és javítások után korlátozott mértékben iparilag is felhasználták. Ez a gép azonban robbanásos turbina volt, amelyben a gáz elégetése nem folyamatosan, hanem megszakításokkal történt. Így sok problémát elkerült, amely a folyamatos égésű turbinával kapcsolatos, de ezáltal a szerkezet egyszerűségének előnye esett áldozatul, mert a gép rendkívül bonyolult lett. A folytonos égésű turbina kifejlődése legnagyobbbrészt a két háború között eltelt évekre esik, és főképpen egy svájci cég működéséhez fűződik. Eleinte csak kisegítő célokra használták, olyan helyen, ahol gáz-nemű hulladék-üzemanyag állt rendelkezésre, úgyhogy a hatásfok kevésbé volt fontos. Például arra használták, hogy segítségével Diesel-motorban vacuumot állítottak elő, hogy a gép terhelését fokozni lehessen; később Velox-kazánok betáplálására és más eljárásokhoz is felhasználták. De amint hatásfoka emelkedett (17—20 százalékgig, míg a legjobb gőzgépé 30—35 százalékgig megy) kivihető lett, hogy a turbinát elsődleges energiatermelő-gép gyanánt használják olyan esetekben, mikor különleges előnyei ellensúlyozzák aránylag alacsony hatásfokát. Az elektromos energiatermelésnél a terhelés csúcsértékeinek ledezésére például gazdaságosnak látszik az ilyen turbina, mert ebben az esetben a gép évente csak három-négy száz órán át van üzemben, úgyhogy az alacsony beruházási költség és a gyors indítás fontosabbak, mint a jó hatásfok. Az első erre a célra való 4000 kilowattos berendezést a svájci Neuchâtel-ben állították fel, közvetlenül a háború előtt.¹⁸ Vasutakon is nyilván előnyösen alkalmazható, mert ott fontos, hogy súlya nem nagy és a gőzüzemű lokomotív hatás-

foka nagyon alacsony, 8—12 százalék. Az első ilyen típusú, 2000 lóerős mozdonyt, melynek hatásfoka mindent beleszámítva mintegy 15—18 százalék, a svájci szövetségi vasutak rendelték közvetlenül a háború előtt, és azóta már üzembe is helyezték. A gázturbinának a Szovjetunióban is nagy figyelmet szenteltek. Részletek még nem állnak rendelkezésre, de úgy látszik, hogy 1940 körül nagyméretű munkálatokba kezdtek, hogy gázturbinák útján a földalatti szénelgázosító állomásokról elektromos energiát nyerjenek. Még túl korai volna becslésekbe bocsátkoznunk, hogy a jövő energia-termelésében milyen szerepe lesz a gázturbinának. Rendkívül nagy nehézségbe ütközik a magas hőmérsékletnek ellenálló anyagok előállítása, már pedig magas hőfokra van szükség, ha azt akarjuk, hogy a gázturbina hatásfoka megközelítse a gőzüzemű gépekét. De nincs rá okunk, hogy a nehézségeket legyőzhetetleneknek gondoljuk, és lehetséges, hogy a gázturbina néhány év múlva egyik legfőbb erőgépünk lesz. Bizonyára azokon a helyeken lesz nagy előnye, ahol a földalatti szénelgázosítást már bevezették.¹⁰

Az 1914—18-as háború kezdetén a repülőgép jóformán a kísérletezés stádiumában volt, a végén pedig megbízható gép lett, melyet az ember hasznos szolgálójává lehetett fejleszteni. 1919-ben, abban az évben, mikor az Atlanti-óceánt először repülték át, léptették életbe az első szabályszerű légijáratokat 3200 mérföldes útvonalon. A következő évben ez a szám 9700-ra emelkedett, és az összes berepült távolság közel 3 millió mérföldet tett ki. 1938-ig a szabályszerűen működő légijáratok útvonala 349.100 mérföldre rúgott és a berepült távolság mintegy 234 millió mérföld volt,

ami tizennyolc év alatt hetvennyolcszoros emelkedést jelent! 1939 májusában a „Panamerican Airways“ megindította az első rendszeres légi-postaforgalmat az Atlanti óceánon át. A légiforgalom terjeszkedése mutatja, hogy mennyire emelkedett a légijárművek hatásfoka és biztonsága, ami egész sereg aprólékos javításnak, valamint néhány kiváló találmánynak köszönhető. Ilyen találmányok a Handley—Page-féklap (1919), a csűrőfelületek, az előkompresszió alkalmazása, amit azelőtt versenyautóknál használtak, az állítható emelkedésű légcsonar, amelyet 1924 és 1934 között több feltaláló dolgozott ki. A két utóbbi találmány lehetővé tette, hogy a gépek nagy magasságban repüljenek, ahol a levegő ellenállása kicsi és így sokkal nagyobb sebességet érhetnek el. Az autó-gyro, amely az idomtalanul nagy repülőterek problémáját volt hivatva megoldani, 1925 körül jelent meg. Több kísérlet történt gyakorlatilag alkalmazható helikopterek készítésére, amelyek a problémát teljesen megoldanák, mert néhány négyzetméteres területen fel tudnak emelkedni és le tudnak szállni. 1937 után valamelyes sikert el is értek, de az igazán használható helikopter a második világháború egyik fontos mellékterméke.

A rádió, éppen úgy, mint a repülőgép, az 1914—18-as háborúban ment át fejlődése legkritikusabb szakaszán, és azután rendkívül gyorsan kifejlődött. Az a nagy haladás, amelyet a rádió 1920-tól, az első próbálkozásoktól, a mai napig megtett, mikor életünkben oly fontos szerepet játszik, mégpedig nagyon megbízható módon, hű tükörképe annak a nagymértékű tökéletesedésnek, amely a technika hatóereje tekintetében bekövetkezett. Elektromágneses sugárkéve továbbításának gon-

dolata már 1905-től kezdve kísértett. Gyakorlati megvalósítása azonban 1924-től datálódik, amikor Marconi és Franklin művek betetőzéseként Angliában rövidhullámú kévével dolgozó rádiótávíróállomást állítottak fel, mely hivatva volt Angliát a domíniumokkal és Indiával összekapcsolni. Sugárnyaláb továbbítása alapot szolgáltatott arra, hogy sokkal szélesebb körben alkalmazzuk a rádiótelefönt, amely nagy távolságra jobb telefonközlekedést biztosít, mint a szárazföldi vonal vagy kábel. 1926-ban indult meg a nyilvános rádiótávbeszélőszolgálat az Atlanti óceánon át. A rádió összeköttetést nagy távolságra jóval olcsóbban lehet üzemben tartani, mint a kábelrendszert. Norton Leonard a *Jövő szerszámai* című könyvében így ír: „Az óceán áthidalására több ezer mérföld rendkívül drága kábelre van szükség. Nagy hajókat kell állandóan keszenében tartani a vonalak javítására, melyeket horgonyok, tengeri állatok és földrengések gyakran megrongálnak. Egyáltalán nem mentesek a légköri zavarokkal rokon háborgatásoktól és felvevőképességük is aránylag kicsi. A drótnélküli hírközléshez az óceánokon át ezzel szemben csak két állomás szükséges, amelyeket összehasonlíthatatlanul olcsóbb megépíteni és üzemben tartani, mint a kábeleket. Különböző hullámhosszúságoknak különböző időkben való használata a megbízhatatlanság utolsó nyomait is eltüntette. De mindennek dacára a drótnélküli hírközlés ugyanannyiba kerül, mint a kábelen való érintkezés. Ez azért van, mert a kábeltársaságok a szárazföldi telefon- és távíróhálózatokkal való szövetkezés útján meggátolták, hogy a rádió aláássa uralmát az ő monopóliumukat. Ha a rádió meg akarná kísérelni, hogy leadja vagy

összegyűjtse a felek üzeneteit, nem találna rá módot, mert a szárazföldi hálózatot nem vehetné igénybe.“

Közvetlenül a második világháború kitörése előtt a televízió is közeledett a gyakorlati megvalósításhoz. A televízió története meglepően hosszú múltra tekint vissza. Egyszerű képek táviratozását már 1850 előtt kísérletileg megvalósították, képek drótnélküli továbbítására pedig 1907-ben Németországban Korn dolgozta ki használató rendszert. 1926-ban tengerentúli drótnélküli képtáviratozószolgálat volt üzemben, bár 1935-ig nem bírt fontossággal. Ami a televíziót illeti, tudniillik mozgófényképek azonnali továbbítását, az alapeleven már 1855-ben Casselle leszögezte és 1877-ben Senlecq egy készüléket is épített, alig négy évvel a szelén-fotocella elvének felfedezése után. Nipkow 1882-ben találta fel a róla elnevezett képfebontó tárcsát. 1901-ben Fessenden egy rádió-televíziós rendszert tervezett. 1911-ben végre megvalósult a televízió. Egyelőre nyers és tökéletlen készülék volt ez és nem nagyon volt alkalmas arra, hogy magasabb esztétikai igényeket kielégítsen vagy szórakoztasson. Mindamellet előfutára volt annak a televíziós készüléknek, amelynek a rádiótechnika haladásával a modern fotocella és más elektronokkal dolgozó készülékek megjelenésével el kellett jönni.²⁰ Rendszerint Bairdnek tulajdonítják az érdemet, hogy az első, valóban hasznos televíziós rendszert kidolgozta, bár valójában sok feltaláló és tudós járult hozzá. Baird készülékét 1926-ban mutatták be először. 1929-től kezdve a B. B. C. (az angol rádiótársaság) a Baird-rendszerű készülékkel kísérleti programot adott le, de 1937-ben elhatározták, hogy másik rendszerrel helyettesítik, amely a fotocella

egyik nagyon figyelemreméltó formájának, az úgynevezett Emitron-csőnek alkalmazásán alapszik. Bár egészen 1939-ig a televíziós leadás egyáltalán nem volt kielégítő, mégis úgy látszott, elég szépen fejlődött, hogy a következő néhány évben nagy eredményeket várhassunk tőle.

Egy másik fontos találmány, amely az elektron-technikából sarjadt, a hangosfilm. 1900-ban Ruhmer kidolgozott egy hangosfilm-rendszert, 1906-ban pedig Eugene Lauste feltalált egy rendszert, amely lényegében már modern szerkezetű és sok tekintetben kielégítő volt. Az volt azonban a hibája, hogy nem lehetett erősíteni. Ugyanebben az évben jelentek meg a háromelektrodás csövek, az úgynevezett triodák, amelyek az erősítőkészülék lényeges alkatrészét képezik. Megjelenésük után a rádióerősítők gyorsan kifejlődtek. Azt várta volna az ember, hogy a Lauste-féle rendszer néhány év alatt erősítővel kombinálva és némi javítások és finomítások után kielégítő hangosfilmet fog produkálni. A fejlődés azonban feltűnően lassú volt. Csak De Forest 1923. évi szabadalma után történt jelentősebb haladás és 1928-ban mutatták be az első hangosfilmet, a „Sonny boy“-t. Valamivel később jöttek a színesfilmek. 1934 és 1940 között a szovjet feltaláló, Ivanov sztereoszkóp mozigépet talált fel, amelyhez nem volt szükség színes szemüvegre vagy hasonló segédeszközre és mégis kielégítő eredményt adott. Több mozit láttak el 1940-ben Ivanov gépével és 1941-től kezdve a készüléket nagy mennyiségben gyártják. Ezideig a Szovjetunió kivül másutt nincs használatban.

Ha már ennél a tárgynál tartunk, helyénvaló, hogy néhány szót szóljunk a gramofonról és más hangfelvevő- és visszaadókészülékekről. 1924-ben

az elektromos úton való hangmegörökítés a gramofont jóval tökéletesebbé tette. 1900-ban Poulsen szabadalmaztatta azt a rendszert, amely a hangot mágneses acélszalagra veszi fel és amelyet Stille és mások 1924-től nagymértékben kifejlesztettek, hogy aztán helyt adjon az úgynevezett Blattnerphone-nek és a későbbi, 1933-ból való Marconi—Stille-rendszernek. A rendszernek a gramofon felett nagy előnyei vannak, különösen ami a „hanglemez“ élet-tartamát illeti, de szerencsétlenségre még eddig nem engedték meg, hogy általános használatra a piacra kerüljön. Állítólag a hatalmas gramofon-monopóliumok korlátozzák szándékosan ennek és más hangfelvevő rendszernek használatát. Az angol „rágalmazási törvény“ azonban megakadályozza a bizonyítékok közlését, melyek a dologra fényt vet-hetnének. Egy új hangfelvevő és reprodukáló készüléket, melyben papírtekercseket használnak, B. P. Skvorstov talált fel közvetlenül a háború előtt és 1940-ben meg is kezdték a gyártását a Szovjetunió-ban. Azt mondják, hogy a hangfelvételek körülbe-lül ötödrész annyiba kerülnek, mint a gramofonle-mezek és emellett még sokkal tartósabbak.

A legutolsó néhány oldalon felsorolt gépek és eszközök közül nagyon soknak az élethez való vi-szonya mélységesen különbözik a régebbi idők gé-peinek az élettől való kapcsolatától. Ezek a gépek ahelyett, hogy valami árucikket *termelnének*, amelyre a fogyasztónak szüksége van, arra szol-gálnak, hogy a fogyasztó valamely szükségletét *közvetlenül* kielégítsék. A tizenkilencedik századig csaknem minden említésreméltó gép vagy szerszám a termelés eszköze volt. Például posztót készített, melyet a fogyasztó majd fel fog használni, vagy a gyárból az üzletbe szállította azt. Természetesen

voltak kivételek, mint például az órák vagy az utas-
szállító járművek. 1900 felé azonban kezdtek meg-
jelenni olyan gépek, melyek arra voltak szánva,
hogy közvetlenül a fogyasztó személyes használa-
tára legyenek, mint például a telefon, a mozgó-
fénykép, a gramofon, a kerékpár, a gépkocsi. Ez az
irányzat 1918 után megerősödött. A gépkocsi egé-
szén közönséges lett. A mozi az élet lényeges ele-
mévé vált. Az otthonokban, ahol régebben talán a
mángorló volt az egyetlen fontos gép, most a por-
szívógép, mosógép, az elektromos hűtőszekrény, a
rádió stb. mindennaposak lettek. Egyes tökélete-
sebb gépeknek a termelésben való felhasználása
maradt természetesen továbbra is a magasabb élet-
színvonal alapköve, de azok a gépek is, melyek az
ember szórakozását vagy személyes kényelmét szol-
gálták, fontos szerephez jutottak. Az Egyesült Ál-
lamokban 1895-ben ezer emberre kevesebb mint 5
telefon jutott. 1910-ben ez a szám 82-re, 1930-ig
164-re emelkedett. Ezután csökkent, úgyhogy
1939-ben csak 130-at tett ki. Ez az utóbbi körülmény
figyelmünket arra a tényre irányítja, hogy a tele-
fon (eltekintve az üzleti célokra használt készülé-
kektől, amelyek valamennyinek körülbelül harma-
dát teszik) bármennyire is el van terjedve, a lakos-
ság csak kis, aránylag jómódú rétegének jut oszt-
ályrészül. Ebben a tekintetben elérték a telítési
pontot, másszóval azt az állapotot, midőn mindenki,
akinek elég pénze volt, hogy telefonhoz jusson, azt
meg is szerezte. A harmincas évek gazdasági válsá-
gának volt aztán a következménye, hogy a telefon-
előfizetők száma megcsappant. Ugyanez volt az eset
más téren is. Az Egyesült Államokban 1936-ban
azoknak a lakásoknak, ahol a villany be volt ve-
zetve, csak 48 százalékában volt porszívógép és

csak 34 százalékában hűtőszekrény. Amerikai számadatokat idézünk, mert az Egyesült Államok-kormányja több bizottságot küldött ki ezeknek a problémáknak komoly tanulmányozására. Angliában nem könnyű hasonló számadatok hozzávetőleges megállapítása, de csaknem bizonyos, hogy még alacsonyabb számértékeket kapnánk. Ezekre és más elektromos készülétekre célozva, az Egyesült Államok műszaki hivatalos lapja, a „Technological Trends“ megjegyzi: „Nem az a csoda, hogy olyan sok lakásban alkalmazzák most ezeket az elektromos „cselégeket“, hanem sokkal inkább az, hogy annyian nem használják ki, rendszerint gazdasági okokból, ezeket a kényelmi berendezéseket.“ Ugyanolyan meggondolást lehet alkalmazhatunk erre az esetre is, mint amilyeneket a fejezet elején felhoztunk, midőn arról volt szó, hogy miért nem lehetett teljes mértékben kihasználni a modern technika eredményeit. Ha hiány lett volna emberi munkaerőben, akkor ezeket az elektromos és mechanikai készülékeket nem lehetett volna elég gyorsan gyártani és természetes és szükségszerű lett volna, hogy a lakosság csak kis részének jutott belőlük. De minthogy milliók voltak munka nélkül, a készülékeket nagyobb tömegben lehetett volna előállítani és az embereket, ha nem is mind, de legalább is nagyobb arányban el lehetett volna látni kényelmi és munkát megtakarító berendezésekkel.

X. A MÁSODIK VILÁGHABORÚ

(1939—1945)

Újabb eseményeket sohasem látunk helyes távlatban, mert túlságosan közel vannak hozzánk. Ez nagyon megnehezíti, hogy az előbbi fejezetben elmondottakat megfelelő megvilágításba helyezzük. E könyv jövődöbeli olvasója bizonyára úgy fogja találni, hogy fontos teljesítményeket alábecsültünk, másokat viszont túlságosan kihangsúlyoztunk. Egyedül az idő fogja híven megmutatni a különböző találmányok és technikai vívmányok viszonylagos fontosságát. Még sokkal nehezebb a dolog a jelen fejezetben. Ebben az időpontban, mikor ezt a fejezetet írom, talán nem lehetetlen több-kevesebb pontossággal megállapítani, hogy a különböző találmányok milyen relatív fontossággal bírtak abban a tekintetben, hogy mennyire segítettek megnyernünk a háborút. De az effajta könyvben fontosabb, hogy a jövődöbeli békés fejlődés szempontjából értékeljük a találmányokat. És ebből a szempontból olyan kiértékelést lehetséges csak végezni, amely *pillanatnyilag* észszerűnek látszik és ki kell egészítenünk azzal a megjegyzéssel, hogy a jövődö tapasztalatok fényében esetleg majd módosítani kell.

De már most is kétségtelen, hogy ezeket az éve-

ket a mechanikai dolgok fejlődése szempontjából a legragyogóbb korszakok közé fogják sorolni és hogy a zavarokat, amelyek 1939 előtt mechanikai berendezéseink teljes kihasználását nem egyszer meggátolták, a háborús évek legnagyobb részét elseperték. A magánérdekeket alárendelték a nemzet érdekeinek. A nemzeti ellenőrzés lehengette egyrészt a pazarló versenyt, másrészt a termelés korlátozását, melyet a monopóliumok hajtottak végre. Az Egyesült Államok „Kézikönyvé“-ben, melyet a háborús tájékoztató iroda adott ki, ezt olvassuk: „A háború előtti napokban a kartellek bonyolult hálózata, hogy megvédje a magánérdekeket és a profitot, arra törekedett, hogy a termelést korlátozza. Miután az Egyesült Államok beléptek a háborúba, az idegen tulajdonban levő szabadalmak az Alien Property Custodian (idegen tulajdonokat őrző hivatal) ellenőrzése alá kerültek és így az Egyesült Államok segítségével voltak a termelés gyorsításában.“ Hasonló lépések történtek Nagy-Britanniában is. Az állam átvette a termelés irányítását és ragaszkodott hozzá, hogy a lehető legjobb módszereket használják. (Sajnos, voltak kivételek.) Egyesített termelési bizottságok (Joint Production Committees) által, hogy a munkásokat belevonták az eljárás mód megállapításába, nagyban hozzájárultak a termelés lendületének fokozásához. A kutatómunka és az új találmányok fejlesztése szintén a kormány irányítása alá kerültek és a kormány által létesített intézményekben valóban nagymértékben szóhoz is jutottak. Az eredmény az volt, hogy sok iparág technikai színvonala igen nagy mértékben emelkedett, minthogy a lehető legjobb gépeket vezették be, ahol csak lehetett. Ugyan-

ebben az időben nagyszámú új, fontos találmány is napvilágot látott.

Az atomenergia felszabadításának jelentőségét felbecsülni rendkívül nehéz, pedig az emberiség jövője tekintetében valószínűleg ennek lesz a legnagyobb fontossága. Az események láncolata, melyek első tetőpontjukat az atombombában érték el, 1896-ban kezdődött, mikor Becquerel felfedezte a rádióaktivitást. Nincs itt helyünk, hogy leírjuk azokat a kutatásokat, melyeket a világ minden táján dolgozó tudósok végeztek ezen a téren és melyek közül a legnevezetesebb Lord Rutherfordnak és társainak kutatómunkája volt. Ez vezette Hahnt és Strassmant 1938-ban az urán-atommag sajátos tulajdonságának felfedezésére, amely aztán az atommagban rejlő energia felszabadítására kellett hogy vezessen. Ők nem értették át teljesen vizsgálataik eredményét, de 1939-ben Frisch és Meitner megadták a helyes magyarázatot. Kiderült, hogy amikor egy különleges, az atomnál is kisebb részecske, a neutron behatol egy uránatom magjába, ez a mag két, nagyjából egyenlő részre hasad, miközben hatalmas energiamennyiség válik szabaddá és több új neutron keletkezik, amelyekkel kedvező körülmények között még több urán-atommagot lehet elhasíttatni. Így olyan folyamat alakul ki, amelynek folytán roppant nagy energiák szabadulnak fel.

Jött a háború. Nagy-Britannia és az Egyesült Államok tudósai meggyőzték kormányaikat, hogy az atommag-bontásnak (ahogy nevezik) ez a folyamata minden eddiginél valószínűleg többbezerszeresen hatalmasabb bomba készítésére ad lehetőséget. Rendkívül kiterjedt kutatási hadjáratot indított meg a két kormány, először külön, majd pedig együttesen. 500 millió fontot adtak ki kutatási célokra,

készülékek fejlesztésére, a telep felépítésére és atombombák esetleges gyártására. Ki kell emelnünk, hogy milyen nagy eredményeket lehet elérni, a technikai haladást mennyire meg lehet gyorsítani, ha minden pénzügyi támogatást megadnak a tudósoknak és a mérnököknek. Ahogy Sir John Anderson mondta: „Tudósaink négy év alatt oldottak meg egy problémát, amelyhez békeidőben huszonöt, de lehet, hogy ötven év kellett volna.”

Az atombomba, mindannyian reméljük, csak múltó fázis a világ történetében. De hogyan állunk az atomenergia békés és építőcélokra való felhasználásával? Még túlságosan korai volna jóslásokba bocsátkoznunk, de annyit mondhatunk, hogy az atomenergia felszabadításának következményei, akár jók, akár rosszak, roppant nagyok lesznek. Az atomenergia felszabadításánál jelentősebb lépést a természet megzabolázása felé az ember nem tett, mióta, talán 200.000 évvel ezelőtt, a tüzet hatalmába kerítette. És ez éppen nem drámai kijelentés, melyet csak a hatás kedvéért tettünk. A felfedezés tudományos természetére alapítottuk. Jelenlegi legjobb tudásunk szerint három különböző fajta természeti erő létezik. Az általános tömegvonzás vagy gravitáció erői, a vegyi vagy elektromágneses erők és az atommagban rejlő erők. Vannak állatok, melyeknek van valami kezdetleges tudomásuk a nehézségi erőről és fel is használják azt. Némelyik madár csigákat visz a magasba, s aztán leejti őket, hogy héjuk összetörjön. De olyan állat nem létezik, amely a kémiai erők felett, habár csak kis mértékben is, uralkodni tudna. Erre csakis az ember képes, azóta hogy megtanulta, hogyan kell megfékezni és felhasználni a legfontosabb kémiai folyamatot, a tüzet. Ettől az időtől kezdve a technika

története bizonyos értelemben annak a története is, hogyan sikerült az embernek egyre jobban kiterjeszteni uralmát a gravitációs és kémiai erők felett. (Ez a könyv, eltekintve az első fejezet első lapjától, nem is egyéb, mint pillanatfelvétel ennek a történetnek utolsó harmincad részéről.) Az ember rájött például arra, hogyan lehet a nehézségi erőt vízikerekek forgatására, kémiai erőt pedig gőzgépek hajtására felhasználni. Habár első pillantásra nem szembeszökő, de tény az, hogy mindazok az erők, melyek elektromos gépeknél szerepet játszanak, alapjában véve ugyanolyan természetűek, mint a kémiai erők. Egészen a legújabb időkig az emberek csupán új módokat találtak régi erők felhasználására. Most, az utolsó néhány esztendőben kezdenek egy harmadik, a többtől alapvetően különböző erőfajtát hatalmukba keríteni. Ez az az erő, amely az atommagok részecskéit összetartja. Az atommagban rejlő erők sokkal hatalmasabbak mint a többiek, mert feltehetőleg a világegyetem alapjainak középpontjához közelebb vannak.

Mikor az ember elsőízben fedezte fel, hogyan kell a tűzzel bánni, sejtelve sem lehetett, mennyi mindenre fogja majd végül alkalmazni. Nem látta előre a gőzgépet, az ötvöztött acélokat vagy a képlékeny anyagokat. Csak azt láthatta, hogy a tűzzel lehet egyes dolgokat helyettesíteni valami már jól ismert dolog elvégzésére; például melegíttetni magát, mikor nincs napsütés, vagy világíttatni vele holdtalan éjszakákon. Fokozatosan jött rá más lehetőségekre is a tűzzel kapcsolatban. Megtanulta a sütést-főzést, a fazekasságot, a fémek előállítását, a gőzgép készítését stb. Ugyanígy ma sem láthatjuk előre, milyen következményei lesznek a nem kevésbé alapvető vívmánynak, az atomerő meg-

hódításának. Csak annyit mondhatunk, hogy valószínűleg ugyanolyan mélyrehatóan át fogja alakítani az emberiség életét, mint hajdan a tűz felfedezése. De egy nagy különbség mégis lesz. 200.000 évig tartott, míg a tűz meghódításának következményei kibontakoztak. Manapság a haladás hasonlíthatatlanul gyorsabb és az atomerőnek valószínűleg csak nagyon kevés generáció kell, hogy megfelelő változásokat teremtsen az emberi életben.

De azért itt-ott mégis jóslásokba bocsátkozhatunk; például abban a tekintetben, hogy miképpen fogják alkalmazni az atomenergiát az általunk már jól ismert eljárásoknál, amilyen például a békés ipari célokat szolgáló energiatermelés. Annyit máris tudunk, hogy az atomenergiát nem kell okvetlenül abban a heves formában felszabadítani, amelyen az atombomba alkalmazása alapszik. Felszabadítható hő formájában, olyan lassan és nyugodtan, ahogy csak kívánjuk, s valóban a bombakészítés egyik eljárásánál is nagyon lassan szabadítják fel az energiát. Már ma is lehetséges volna gőzgépet atomenergiával hajtatni, de ez gyakorlati célokra jelenleg még nem lenne elég jó hatásfokú. Mindamellett az atomenergiával működő gép alapelvei nagy vonásokban le vannak már fektetve és a legyőzendő fő gyakorlati nehézségek közül legalább egyik-másikat már pontosan meg lehet fogalmazni. Ezen az alapon nem látszik észszerűtlennek, ha megjósoljuk, hogy mától kezdve 10 és 50 év közötti időszakban atomenergiát fogunk felhasználni központi elektromos erőművek hajtására. Hogy a tizedik vagy az ötvenedik évhez lesz-e ez közelebb, az sok tényezőtől függ, de valószínűleg leginkább attól, hogy vajjon szentelünk-e erre a munkára legalább megközelítőleg annyi erő-

feszítést, mint amennyit az atombomba előállítására fordítottunk.

Már most a rendelkezésre álló energia mennyisége egyik legfontosabb tényező annak meghatározásában, hogy minden egyes férfi és nő a közösségben mennyit tud termelni, és ennek folytán az életszínvonal magasságának megszabásában is. Az emberiség haladását igen nagy mértékben az határozza meg, hogy mennyi energia fölött rendelkezik. Kezdetben csak saját izomereje, aztán lépcsről-lépcsre állatierő, szél, és vízierő, szén és olaj voltak energiaforrásai. Az atomenergiának legújabbkeletű megfőkezése valószínűleg tovább gyarapítja energiaforrásainkat legalább is jelentékeny, de az is lehet, hogy hihetetlenül nagy mértékben. A rendelkezésre álló urán mennyisége természetesen nem korlátlan. De az atomenergiának uránból való felszabadítása csak az első lépés. Éppen úgy, ahogy a tűz használata nem korlátozódott a fa elégetésére, amivel kezdetét vette, hanem fokozatosan más tüzelőanyagokra is kiterjeszkedett, ugyanígy végül valószínűleg megtanuljuk, hogyan lehet az uránium mellett sok más anyagból is atomenergiát nyerni és ezt hasonlíthatatlanul gyorsabban el fogjuk érni. Minden okunk megvan rá, hogy azt higgyük, hogy mielőtt a urániumtartalékokat kimerítettük, más utakon, módokon is tudni fogunk atomenergiát előállítani.

Még az első időben is, mikor még az atomfolyamatok nem fogják nagymértékben növelni a rendelkezésre álló energiákat, lehetővé tesz legalább azt, hogy energiát olyan körülmények között is alkalmazhatunk, melyek között eddig nem volt lehetséges. Minthogy az atomenergia termelésénél szereplő urán súlya elhanyagolhatóan

kicsi, más energiaszférákban felhasznált tüzelőanyaghoz viszonyítva, olyan helyeken is könnyen lehet majd energiához jutni, ahol a szállítási problémák ezt addig megakadályozták, ez pedig a természeti segélyforrások új területeit tárhatja fel, amelyek eddig a kihasználásra hozzáférhetetlenek voltak. Ezenkívül az atomrobbolás sok más hasznos eredményt is ígér, például az orvosi kutatás terén. Ez azonban kívül esik könyvünk célján.

Igy, feltéve (s ez a feltevés nagyon komoly alapokon nyugszik), hogy az emberek megtalálják a módját, hogy elhárítsák a fenyegető pusztulást, melyet az atombomba jelent, valószínűleg ki fog derülni, hogy az a munka, mely az atombombához vezetett, az első lépés volt egy technikai forradalom felé, amely az életszínvonalat olyan magasra emelheti, aminőt eddig szinte elgondolni sem lehetett, és végül megszüntethet minden szegénységet és szükségéget.

Az atombomba fejlődése kitűnő példája annak az irányzatnak, amely a legutóbbi években erősen kifejezésre jutott. 50 év tudományos kutatásainak terméke volt ez, amely kutatások közül sokat úgy végeztek, hogy a kutató egyáltalán nem gondolt arra, hogy lehetséges lesz-e, vagy sem, eredményeit különleges célokra felhasználni. A kutatómunkát ötévi gyakorlati tudományos és műszaki munka követte, amely különleges gyakorlati probléma megoldására irányult. Mindinkább igaznak bizonyul, hogy az emberiség számára legáldásosabb technikai vívmányok elérésére nem az a legjobb út, ha a lehető legnagyobb tudományos kutatómunkát szenteljük a közvetlen gyakorlati problémák megoldására, hanem hogyha az alapvető tudományos problémák megoldására biztosítjuk

széleskörű kutatómunka lehetőségét és ha ezeknek a kutatásoknak eredményeit az alkalmazott tudomány és az ipar teljes mértékben felhasználja. De eltekintve más, például kulturális okoktól, az alapvető tudományos kutatások már csak azért is nagyon fontosak, mert ma a dolog úgy áll, hogy valószínű, hogy az egész közösség több hasznot fog húzni belőlük, mint akárhány másféle emberi tevékenységből. (Bizonyos magától értetődő fenntartásokkal, amelyekre jó példa az atombomba.)

A háborús évek néhány találmánya, noha esetleg a távoljövő nézőpontjából kevésbé jelentős, mint az atomenergia felszabadítása, valószínűleg sokkal hamarabb hoz hasznos eredményeket. Közülük a legfontosabbak „légi” találmányok, mint például a lökhajtásos repülőgép, a gyakorlatilag bevált helikopter és a maga módján fontos repülőbomba. Arról nem is beszélünk, hogy a közönséges repülőgéppel milyen bámulatos sebességet, határfokot, magasságot stb. értek el. A lökhajtásos (rakéta) repülőgép gondolata 1920-ból vagy még korábbról datálódik. A harmincas években különböző országokban többen is birkóztak a feladattal. Angliában Whittle 1929 körül kezdett munkába. 1937-ben tervei szerint készült gépek a próbapadon jól beváltak. De kevés támogatást kapott, s csak 1939-ben adták ki a rendeletet, hogy a gép fejlesztése érdekében kísérleti gépeket kell készíteni. Ezután gyorsan haladt a dolog. 1941-ben komoly próbarepüléseket végeztek sikeresen és 1942-ben már az első használatra kész lökhajtásos repülőgépek hagyták el a futószalagot. Más rendszerekről kevés értesülésünk van. 1940-ben az olasz Campini rendszere szerint épült repülőgépet próbálták ki. A gép tíz percig repült. 1941-ben újra kipróbál-

ták, de úgylátszik nem valami nagy sikerrel. 1944-ben a németek, csakúgy mint a szövetségesek, használtak lökhajtásos repülőgépeket.

Helikopterekkel, amint az előző fejezetben megjegyeztük, 1937-ig nem értek el teljes sikert. Szó sem lehetett arról, hogy általánosan használatba vegyék, míg, megint csak a háború alatt, megjelent az első, gyakorlatilag bevált gép, a Sikorsky-féle helikopter, melyet ma rendszeresen gyártanak. A Sikorsky-gép egy korai tipikus modellje abszolút függélyesen tud felemelkedni és leszállani, és ehhez csak 40 négyzetláb (3.7 négyzetméter) területre van szüksége. Lebeg tökéletesen egyhelyben a levegőben, vagy előre, hátra vagy oldalirányban repül és sebessége egy valóban gyors sportkocsi sebességének felel meg. Üzemanyagfogyasztása nagyon mérsékelt. Fontos szerepe volt a tengeralattjáróveszedelem leküzdésében, és a háború után a szállítás terén szintén fontosnak ígérkezik. Amerika legelső autobusztársasága engedélyért folyamodott, hogy helikopterbuszjáratokat indíthasson meg, és postai szolgálatba való állítása is szóba került.

Sokkal kérdésesebb azoknak a szerkezeti elemeknek az értéke, melyeket a német terrorfegyverben, a repülőbombában használtak. Elvileg már közvetlenül a háború előtt megvolt ez a fegyver, de a technikai nehézségek miatt csak 1943-ban lehetett gyakorlatilag megvalósítani. Magának a repülőbombának az emberiség számára természetesen nincsen állandó értéke, de az elvek, amelyek alapján készült, figyelmet érdemelnek. Az irányító-szerkezet nem mondható éppen újnak, mivel nem különbözik a háborúelőtti automatikus pilótától. A lökhajtásos, szaggatottan működő motor azon-

ban rendkívül eredeti. Bámulatosan egyszerű, alig több mint néhány láb csővezeték. Nincsenek mozgó alkatrészei, kivéve a levegő és az üzemanyag beeresztésére szolgáló egyszerű szelepeket, melyek minden robbanásnál a nyomástól automatikusan bezáródnak, és amint a nyomás csökken, kinyílnak, úgyhogy semmiféle más alkatrésszel nincsenek kapcsolatban. Valójában benzinmotor ez, melynek olyan egyszerű szerkezete van, mint egy vízikereknek! Emiatt aztán sokkal olcsóbban lehet előállítani, mint akármelyik más gépet, és súlya negyede egy vele egyenlő teljesítményű dugattyús gép súlyának. Másrészt azonban üzemanyagfogyasztása körülbelül nyolcszor annyi, mint a szokásos motoré. Nehéz megmondani, hogy lehet-e majd ezt annyira csökkenteni, hogy a gép békés célokra is alkalmas legyen.

Nem szoros értelemben vett „légi” találmány, de azokkal szoros összefüggésben van a radar, az a készülék, mely rádióhullámok útján felkutat láthatatlan repülőgépeket és más tárgyakat, és pontosan megállapítja helyzetüket. Mint a többi fentebb említett találmányokon, a radaron is már jóval a háború előtt kezdtek el dolgozni, és a háború kitörése előtt valószínűleg sokkal előbbre voltak vele, mint a többivel. (A kezdetet 1935-re tehetjük, bár nem lehet pontosan megállapítani, mikor történt az átmenet a korábbi technikai eljárásokról, amelyekkel a Heaviside-réteg és repülőgépek magasságát mérték.) Angliában a radar régebbi formái a háború kitörésekor készen álltak arra, hogy azonnal alkalmazzák. Ezzel szemben az Egyesült Államokban dr Lyman Chalkley, a *U. S. Government's Board of Economic Warfare*-nak fő gazdasági szakértője (a gazdasági hadviselés szerve az

Egyesült Államok kormányában) arra hivatkozik, hogy a radar az Egyesült Államokban a háború előtt nem fejlődött ki megfelelően, mert nem igen látszott, hogy békeidőben valamiféle hasznothajtó alkalmazása lenne. „A háború kitörésekor — mondja Chalkley — Amerikának ténylegesen a kezdet kezdetétől kellett elindulnia, s közben hajókat, repülőgépeket és embereket veszített, mert a profitéhséget nem elégítette ki, hogy a radart a laboratóriumi furcsaságok állapotából kiemeljék és gyakorlatilag használható eszközt gyártsanak belőle.“

A háború alatt a radar technikáját rendkívül kifejlesztették. A „centimetrik radar“-nak nevezett tökéletesítés remek kutatómunkának és szakemberek nagyszerű együttműködésének eredménye volt, mint minden, a radarral kapcsolatos vívmány. A radar ezzel sokkal pontosabban teljesíthette elsőrendű feladatát, tudniillik repülőgépek felkutatását, és olyan körülmények között is alkalmazhatták, amire eddig gondolni sem lehetett. De ennél még sokkal több történt. A radartechnikát igen sok célra alkalmazhatóvá tették. A radar most már nemcsak különleges módszert jelentett egy különleges probléma megoldására, hanem olyan magasabbrendű technikát, melyet igen széles körben lehet alkalmazni és -esetleg még igen nagy fontossága lesz. Hogy egy példát említsünk, a repülőgép biztonsága lényegesen meg fog javulni, ha majd az úgynevezett „vakon landoló“ rendszernél radart alkalmaznak, vagy pedig olyan készülékeknél, mint a „HS“ (vagy ennek tökéletesített fajtája: a „HX“), amelyik a pilótának, még ha ködön vagy felhőn repül is át, felküldi a vidék képét, amely felett elhalad. Hasonlóképpen a hajók

biztonsága is nagymértékben megjavul megfelelő készülék segítségével, amely, noha magán a hajón van elhelyezve, a hajósnak minden időjárás mellett megmutatja a körülötte levő tájék térképét, éppen úgy, mintha repülőgépről pillantana le. Egyszóval a radar számtalan formájában nagy jövőnek néz elébe. Sir Robert Watson-Watt, aki talán mindenkinél többet tett a radar megteremtésében, még azt az állítást is megkockáztatta, hogy radarral meg lehet majd oldani azt a problémát, hogy a vonatok sűrű ködben is pontosan közlekedjenek!

A háborúban ezek mellett a nagyobb találmányok mellett a mechanikai ötletességnek sok más példáját is láttuk. Ilyen például a PLUTO (*pipe line under the ocean*), azaz óceán alatti csővezeték, vagy a Mulberry kikötő. Ezek közül nem sokat fogunk okvetlenül alkalmazni béke idején, de a tapasztalat, melyet a belépük fektetett mérnöki munka nyomán szereztek, kétségtelenül nagy értékű lesz az újraépítés idején.

A háborús években történtek meg az első lépések az atomenergiának építő célokra való felhasználása felé. Ugyanekkor tették gyakorlatilag alkalmazhatóvá a lökhajtásos (rakéta) motort, a helikoptert, a radart és a kétesebb értékű repülőbomba-gépet. Ha egyéb nem is történt volna ezekben az években, akkor is ez a korszak egyike lenne azoknak (vagy talán *csak* ez lenne az a korszak), amelyben a mechanika a világtörténelem folyamán a leggyorsabb haladást tette. Lehet, hogy még további fontos vívmányok is léteznek, melyeket még, mikor e könyvet írom, titokban tartanak. Azonkívül bizonyára van számtalan probléma, amelyek megoldása felé a háború alatt jelentékeny haladás tör-

tént. Ezeket a béke első éveiben, majd az akkori kedvező feltételek mellett, teljesen meg lehet oldani.

A háborús időkben létrejött kiváló találmányok közül mindegyik, amelyről tudunk, természetesen jelentékeny mértékben a háború előtt végzett munkán alapult. Mindamellett, megadván a kellő tiszteletet a háború előtti munkának, meg kell jegeznünk, hogy a háborús években sokkal több kiváló találmányt tettek tökéletessé és vittek át a gyakorlatba, mint a megelőző 50 év bármelyik hasonló tartamú szakaszában.

Ez többnek látszik, mint egyszerű véletlennek. A feltalálói készség megvolt ugyan a háború előtti években is, de különböző tényezők miatt a feltalálók, úgylátszik, nem kaptak elég bátorítást. Erre mutat az, hogy két esztendőnek kellett eltelnie a Whittle-féle motorok sikere után, míg kiadták a rendeletet ilyen motorokkal ellátott kísérleti repülőgépek építésére. S ezt mutatja dr Chalkley fentebb idézett megjegyzése is. Ugyanezt a gondolatot fejezi ki G. G. Smith, aki még a Whittle-motor sikerének közhírré tétele előtt, a lökhajtásos gép kilátásairól értekezvén, így ír: „A háborús viszonyok nyomása alatt előkerül a kutatáshoz és a kísérletekhez szükséges tőke s a problémák megoldására a legjobb elméket lehet alkalmazni és nem engedik, hogy kapitalista érdekek a fejlődést akadályozzák.“ Sir John Anderson megállapítása, melyet előbb idéztünk, ugyanilyen végkövetkeztetés felé mutat. A következő fejezetre halasztjuk annak a megtárgyalását, hogy szociális tényezők hogyan tudják a feltalálást háttérbe szorítani. Itt csupán arról van szó, hogy feljegyezzük, hogy a háborús szükségletek hogyan távolították el a korlátokat és két-három év alatt hogyan vittek sikerre találmá-

nyokat, amelyek a békeidők tempója mellett jónéhány évig várhattak volna kifejlődésükre.

Kevésbé látványosak, de minden bizonnyal ugyanilyen jelentősek azok a vívmányok, melyeket a termelés módszerei tekintetében értek el. 1939 és 1943 között Anglia össztermelése több mint 40 százalékkal emelkedett, szemben azzal a csupán 13 százalékos emelkedéssel, amely az 1913-tól 1938-ig terjedő huszonöt esztendőben következett be. Ezekből a számokból egyszerűen kiszámíthatjuk, hogy a termelés évi átlagos növekedése a háborúban mintegy tizenhétszerese az azt megelőző huszonöt év termelési adataiból számított évi átlagnak. És mindez annak ellenére történt, hogy a háborúban a múlhatatlanul szükséges gépeket és anyagokat oly nehéz volt behozni; hogy az országot bombatámadások érték; hogy a szállítóeszközök túl voltak terhelve, és négy és fél millió ember katonának vonult be.

A termelés emelkedésének csak tizenketted része származott a munkaidő meghosszabbításából. A többi abból eredt, hogy a kormány ellenőrzése alá került ipart jobban megszervezték, az emberi és gépi munkaerőt teljesen kihasználták, új munkásokat toboroztak az ipar számára és a hatásfokot növelték olymódon, hogy ahol csak lehetett, modern gépeket és korszerű módszereket alkalmaztak. Az ipar technikai színvonalának emelkedése a munka produktivitásának (egy emberi munkaóra termelési eredményének) növekedésében nyilvánult meg. Ezt, az egész ipart tekintve, 15 százalékra becsülhetjük, a békeidőbelinek több mint kétszeresére, csak a munícióipart tekintve pedig 30–35 százalékra.

Hogy a műszaki tevékenység eredményesebb lett, az legnagyobbbrészt annak köszönhető, hogy az

ipar minden ágában modern gépeket és eljárásokat alkalmaztak, melyek az elmúlt évtizedben, vagy akörül fejlődtek ki, de a háború előtt csak szűk körben voltak elterjedve. Wolframkarbid szerszámok, melyek használatát, ahogy láttuk, a nemzetközi kartellpolitika korlátozta a háború előtt, most szinte mindenütt használatbá jöttek. A szerszám-gépipar derekasan kivette részét a különböző típusú nagy teljesítőképességű gépek előállításában, melyek iránt a kereslet hallatlan módon megnövekedett. Különösen áll ez a nehezebb és merevebb gépekre, melyekre a karbidszerszámok használatánál van szükség. Szerszámgépeket, melyeket azelőtt legnagyobb részben egyenként „építettek“, most nagyban, tömeggyártással állítottak elő. Álljon itt néhány számérték az Egyesült Államokból. A háborút megelőző időkben az amerikai szerszámgéparásítás kb. 200 millió dolláros csúcserőértékűt ért el négy egymás után következő évben, 1918, 1929, 1937 és 1939-ben. 1942-ben 1300 millió dollár értékű gépet adtak el és 1940-től 1943-ig az évi átlag több mint 900 millió dollárt tett ki, négy és félszeresét a háború előtti csúcserőértéknek. 1939 végén az Egyesült Államokban 1500 millió dollár értékű olyan gép volt, amely nem volt még tizenéves és 1943 végéig ez a szám 4500 millió dollárra emelkedett. Eltekintve attól a szereptől, melyet ez a modernizálás a háború megnyerésében játszott, a háború utáni életszínvonalra kifejtett hatása forradalmi kell hogy legyen.

A produktivitás megnövekedése nagyrészt a tömegtermelési módszerek szélesebbkörű alkalmazásából fakadt és abból a sok javításból és tökéletesítésből, amelyet ezeken a módszereken eszközöltek. Az utóbbiak közül kiemelkedik a „minőségi

ellenőrzés“ nevű újítás. A kicserélhetőség elvén alapuló termelés lényege az, hogy minden egyes darab méreteinek bizonyos „toleranciá“-nak nevezett hibahatáron belül egyenlőnek kell lenni. A számszámok kopása és más tényezők következtében, a gép, melynek feladata e darabok pontos előállítása, lassanként veszít pontosságából, míg a hibák a tolerancia fölé emelkednek. Minden ilyen darabot aztán el kell dobni, mint „selejtet“. A régi rendszer az volt, hogy időnként egy-egy darabot megvizsgáltak és ha úgy találták, hogy a megkövetelt pontossági határokon kívül esett, a gépet megigazították. De időközben már sok darab készült, amely túlságosan pontatlan volt és ezek mind kárba mentek. A minőségi ellenőrzés, hogy ezt elkerülje, a statisztika tudományát használja fel. A megengedett hibahatáron belül új határokat számítanak ki és ha egy bizonyos számnál több darab lépi túl az új határokat, ezek még elég jók, hogy használhatók legyenek, de már figyelmeztetésül szolgálnak a gép felügyelőjének, hogy a gép hajlamos arra, hogy nemsokára pontatlan legyen és selejtet állítson elő. Tehát azonnal leállítják és rendbehozzák és így elkerülik az idő- és anyagvesztést. A statisztikai elvek, melyeken a minőségi ellenőrzés alapszik, már jóval előbb ismeretesek voltak és a módszert egyes elszigetelt területeken pár évtizeden át alkalmazták is, de csak a háború alatt terjedt el a minőségi ellenőrzés nagyobb mértékben és ekkor fejlesztették ki a módszer összes lehetőségeit. A Sten-puska esete mutatja ennek és a termelési módszereken eszközölt egyéb tökéletesítéseknek a hatását. Ezt a puskát olyan olcsóvá tették, hogy úgy osztályozták, mint „elpusztítható készletet“, ami annyit jelent, hogyha használhatatlanná lesz, nem érdemes megjavítani.

hanem el kell dobni. Az árát harminc shillingre csökkentették, pedig a háború előtt egy ilyen árucikk ugyanennyi fontba került.

Egészen új nagyságrendű tárgyak előállítására is tömeggyártási módszereket alkalmaztak. Az Egyesült Államokban például egyes gyárakban teljes hajórészeket gyártottak meg előre, melyek készen álltak arra, hogy a sólyán egy-kettőre összeállítsák őket. 1943-ban egyetlen amerikai üzem annyi hajórészt állított elő, hogy lehetővé vált, hogy a hajógyár egy hét alatt két tízezertonnás hajót bocsásson vízre. Ilyen és hasonló módszerekkel érték el az Egyesült Államok a bámulatos eredményt, hogy három év alatt 3876 kereskedelmi hajót gyártottak, hetenként átlag 25-öt.

A mezőgazdaság terén hasonlóan mélyreható változások történtek. A mezőgazdaság lett Anglia háborús erőfeszítéseinek egyik sarokpontja. A kormány azért, hogy az árakért kezességet vállalt és egyéb segítséget is nyújtott a gazdáknak, arra serkentette őket, hogy igyekezzenek a maximális termelési eredményt kihozni, amihez egyebek közt nagyobb mértékű gépesítésre volt szükség. A használatban lévő traktorok száma 1939-ben 55.000, 1944-ben 175.000 volt, azaz több mint háromszorosára emelkedett. A traktorokhoz való szerszámok száma 1939-től 1943-ig 200.000-ről 1,175.000-re, a kombájn aratógépeké pedig 150-ről 1500-ra szökött. Egy bizonyos területre eső gépek számaránya szerint Anglia mezőgazdasága lett a legjobban gépesített egész Európában. A szövetkezési rendszerek részben elejét vették annak a korábbi hibának, hogy a gépeket nem használták ki annyira, amennyire teljesítőképességük megengedte.

A háborús állapotok közepette a cukorrépa és

nagy kalóriatartalma miatt a burgonya különösen fontos lett. Nagy figyelmet fordítottak tehát az ezek termelésével kapcsolatos gépek tökéletesítésére. 1943 körül a legutolsó répaaratógépek, amelyek kiemelik a répát a földből, leszedik a tetejét s helyközönként halomba rakják, állítólag a legtöbb helyen tökéletesen beváltak. A burgonyaültető- és szedőgépeket ugyancsak tökéletesítették. A legjobb típusú 1943-bói való burgonyaültetőgépek az ültetéssel járó munkát 80 százalékkal könnyebbé tették. Burgonyaszedőgépek, amelyek kiássák, felszedik, osztályozzák és felrakják a burgonyát, szintén sikerültek, de nem terjedtek el nagyobb mértékben. A háborús idők találmányainak másik példája az a gép, amely felszedi a gabonakévéket, odaviszi az asztaghoz és felrakja azokat. Az effajta gépeknek és más javításoknak az lett az eredménye, hogy 1939 és 1943 között az angol mezőgazdasági termelés 70 százalékkal megnövekedett. Anglia mezőgazdasága 1943-ban az ország élelmiszerszükségletének kétharmadát fedezte, míg a háború előtt a szükségletnek csak harmadrésze termelt az országban.

Szerencsétlenségre voltak egyes iparok, melyek színvonala Angliában nem emelkedett ilyen bámulatos mértékben. Ezek közül a legnevezetesebb a szénbányászat. A szén, amely az iparnak mindig éltető eleme volt, a háborúban még fontosabb lett. A termelés minden ága tőle függött. És mégis, a széntermelés ahelyett, hogy emelkedett volna a megnövekedett tüzelőanyagszükséglet fedezésére, ténylegesen megcsappant; az 1939-ben termelt 231 millió tonnáról 1944-ben 193 millió tonnára esett vissza. A tényezők között, melyek közrejátszottak a termelési eredmény csökkenésében, egyesek elkerülhetetlenek voltak, mint például az emberi munkaerő

hiánya a katonai behívások miatt és a megmaradt munkások öregedése. De ezek a tényezők több más iparral közösek voltak, és hatásukat, mint ahogy ez másutt történt, ki lehetett volna küszöbölni a gépi berendezés. gyarapításával. A bányatulajdonosok azonban kitartottak a háború előtti évek politikája mellett. 1943-ban csak 40 szénfejtőgéppel volt több használatban, mint 1939-ben, és bár ez a szám 1944-ben újabb 424-gyel emelkedett, a géppel fejtett szén mennyisége, mely 1939-ben 142 millió tonna volt, 1944-ben 132 millió tonnára csökkent. Hasonlóképpen, noha a fejtés helyéről és a tárna szájától induló szállítószalagok száma 1939-től 1944-ig 8271-ről 9492-re emelkedett, ezeket úgy használták, hogy a szállított szénmennyiség ugyanezen idő alatt 134 millió tonnáról 127 millió tonnára esett le, miután 1940-ben 137 millió tonnás csúcsértéket ért el. Lapátológépek nagyban hozzájárulhattak volna az emberi munkaerőprobléma megoldásához. 1944-ben mégis csak 192 volt üzemben. Amerikai szakértők, akik meglátogatták az angol bányákat, úgy találták, hogy több mint egy millió font értékű gépi berendezés hever tétlenül és becslésük szerint az évi termelési eredmény tizenkét vagy tizenöt millió tonnával emelkednék, ha ezeket üzembe helyeznék. Ennek a politikának az volt az eredménye, hogy Anglia szénellátása jóval a szükséglet alatt maradt. Az emberek otthonukban szenvedtek a szénhiány miatt. A gyárak adagolva kapták szénellátmányukat, és kétségtelen, hogy ez a termelést hátráltatta és a háborút meghosszabbította. Sokkal kevesebb értesülésünk van arról, hogyan haladt a gépesítés a Szovjetunióban a háború alatt, mint Angliában vagy az Egyesült Államokban. Egyáltalán semmi értesülésünk sincs fontos új találmányokról, ha ugyan vol-

tak ilyenek, melyek ott ezekben az években keletkeztek. Még a termelési statisztikák is bizonytalanok (talán szándékosan ilyenek, hogy félrevezessék az ellenséget), és az alább közölt adatok valószínűleg revízióra szorulnak. Mindamellett adnak valami benyomást arról a hatalmas terjeszkedésről, ami ott végbement. A nyersvastermelés 1942 közepétől 1943 közepéig 20 százalékkal, 1944 közepéig újabb 34 százalékkal emelkedett. Másrészt az, hogy a németek elpusztították az üzemeket, természetesen nagymértékben csökkentette Oroszország termelési kapacitását. Ha az említett emelkedés a háború előtti teljes üzemi berendezések mellett történt volna, és számításba véve még az 1937 és 1942 között elért 52 százalékos emelkedést, a Szovjetunió már túlhaladta volna Angliát és Franciaországot az egy főre számított vastermelésben, és a legjobb úton haladt volna affelé, hogy Németországot és az Egyesült Államokat is túlszárnyalja. A számítás ugyan feltételeseken alapszik, de mégis jelzi a gyors terjeszkedést az iparnak abban a részében, mely megmenekült az ellenség pusztításától. Más alapvető termelési ágakban hasonló emelkedés mutatkozik. A széntermelés például 1943 júliusától 1944 júliusáig 32 százalékkal növekedett, és így tovább.

Az ipar nyilván még a háborúelőttinél is gyorsabban terjeszkedett a Szovjetuniónak azon a részein, amelyeket a nácik nem rohantak le. A villamosítás ad valami fogalmat a terjeszkedésről. A gőzüzemi elektromos erőmű-állomások termelési eredménye 1943-ban 20 százalékkal nagyobb volt, mint 1940- és 1941-ben összesen. Gyorsan épültek új üzemek. Az 1944-ben felállított új állomások teljes kapacitását közel 3 millió kilowattra számították, ami csaknem annyi, mint az Angliában az

országos hálózat első tíz esztendejében felállított új erőművek teljesítménye. De persze a fasiszták sok szovjet áramfejlesztő-üzemet leromboltak és nem lesz könnyű munka pótolni azokat. Mégis mindezek ellenére a „Szovjet Háborús Hírek“ 1944 végén ezt jelenthette: „Minden okunk megvan arra a reményre, hogy 1945-ben a szovjet elektromos erőművek kapacitása nagyobb lesz, mint volt a háború előtt.“

Ezek a számok halvány fogalmat adnak arról, hogyan növekedett a szovjet ipar teljesítőképessége a háború alatt. Kissé többet tudunk meg a munka produktivására vonatkozó számokból. Az ipar *egész* területét tekintetbe véve a munka produktivitása 1942 és 1944 között 40 százalékkal emelkedett, és a szénbányászatban például 1943 és 1944 között az emelkedés 32 százalékot tett ki. Ekkora emelkedést nem lehet elérni csupán azzal, hogy a munkások keményebben dolgoznak, bár ennek is kellett ebben szerepet játszania. Egész sereg kisebb találmánynak és javításnak kellett hozzájárulnia a munka eredményesebbé tételéhez, de lehet, hogy még nagyobb lépések is történtek előre. Az előbbiről megtudunk valamit (bár részletek nélkül) az igen nagyszámú találmányról szóló és maguktól a munkásoktól eredő javaslatokat tartalmazó ilyenféle jelentésekből: „A kéthónapos, racionalizálási hadjárat“, amely éppen most, 1944 novemberében ért véget a könnyűipari népbiztonság gyáraiban, azzal az eredménnyel járt, hogy a munkások több mint 3000 találmányt és javításokra vonatkozó indítványt nyújtottak be... Közülük 810-et már megvalósítottak a gyárakban és ezáltal anyagban, energiában és munkaerőben évi 60 millió rubelt takarítanak meg.“

Az ilyen számok adnak ugyan valamelyes elképzelést, de a szovjet ipar terjeszkedéséről és növekvő teljesítőképességéről sokkal meggyőzőbb bizonyítékot szolgáltatnak a Vörös Hadsereg sikerei. Egyetlen hadsereg sem bírta volna ki az 1941—42-es hosszú visszavonulást, s még kevésbé tudott volna ezután olyan gyorsan előnyomulni, mint ahogyan ez 1943-ban és 1944-ben történt. Egyetlen hadsereg sem tudott volna akkora tűzerőt összpontosítani (voltak esetek, hogy többszáz mérföldes frontszakaszon minden yardra egy tüzérségi egység jutott), ha nem állt volna mögötte nemcsak olyan civil népesség, amely el volt szánva, hogy akármeekkora áldozatok árán, de megnyeri a háborút, hanem olyan ipar is, amelynek teljesítőképessége szinte határtalan volt.

XI. VISSZAPILLANTÁS ÉS ÖSSZEFOGLALÁS

Nagy utat tettünk meg azóta, hogy a földművelés felfedezésével elkezdődtek azok a nagy változások, melyeket ebben a könyvben megbeszélünk. Nem árt, ha szembeállítjuk a mai ember mechanikai felszerelését azzal, amivel ősei a civilizáció hajnalhasadása előtt rendelkeztek, ha összehasonlítjuk a durva kovából készült sarlót a hatalmas és pontos kombájn aratógéppel, vagy ha szembeállítjuk a hajdani vitorlášhajót, a kerekesszekeret a vonattal, gépkocsival, gőzhajóval, repülőgéppel, sőt a helikopterrel, szóval a mai közlekedési eszközökkel.

Figyeljük meg a különbséget az erőforrások tekintetében, amelyek az ember munkáját végzik. Eltekintve a vitorlášhajótól és a nagyon tökéletlen hámtól, 2000 évvel ezelőtt az embernek az egyetlen erőforrása a saját izmai voltak. Athén azért lett nagyon gazdag város, mert minden szabad emberre átlag egy fél rabszolga izomereje jutott, amely helyette dolgozott. Ezzel szemben az Egyesült Államokban 1935-ben a különböző típusú gépek 1231 millió lóerőt képviseltek, ami egyenértékű azzal, mintha az országban minden férfi, nő és gyermek helyett mintegy 70 rabszolga dolgozna.

Angliában valamivel rosszabbul álltak energia dolgában, a gépi erő fejenként körülbelül 50 rabszolgával volt egyenértékű. Azóta ezeknek a „rabszolgáknak“ a száma állandóan emelkedőben van. Angliában 1939-től 1944-ig a repülőgépmotor-termelés egymagában további 30 „rabszolgát“ jelentett fejenként. Igaz ugyan, hogy nem abban a formában, amely békeidőben a leghasznosabb, de öt békeév alatt ennek egyenértékét szintén el lehet érni. Az atomenergia fölszabadítása előre jelzi erőforrásaink további gyarapodását.

De ezek a számok, melyek a munkavégzésre rendelkezésre álló nyers erőre vonatkoznak, még mindig keveset mondanak. Gépeink sokkal gyorsabban és pontosabban dolgoznak, mint a régi világ rabszolgái az ő durva felszerelésükkel. Egy lány, aki modern fonógéppel dolgozik, annyi pamutot termel, mint 300 lány, aki a tizenhetedik században rokka mellett ült, és valószínűleg sokszorosan annyi mint azok, akik azzal az egyszerű fonóeszközzel dolgoztak, amely egész a késő középkorig használatban maradt. Egy cséplőgéppel dolgozó munkás 135 cséphadaróval dolgozó embert helyettesít, pedig ez már aránylag fejlett cséplőszerszám. 1830-ban 57.7 emberi munkaóra kellett egy bushel (36.35 liter) búza learatásához és kicsépléséhez sarlóval és cséphadaróval. 1896-ban kévekötő és helyhez kötött cséplőgéppel ugyanez 8.8 munkaórát, 1930-ban pedig kombájn aratógéppel csak 3.3 munkaórát vett igénybe. Traktorral egyetlen ember annyi földet fölszánt, amennyit a tizennyolcadik században száz ökörrel és már tökéletesített ekével ötven ember szántott fel. Egy modern papírgyártógép 10.000 négyzetméter papírt gyárt ugyanannyi emberi munkával, mint amennyivel a tizennyolca-

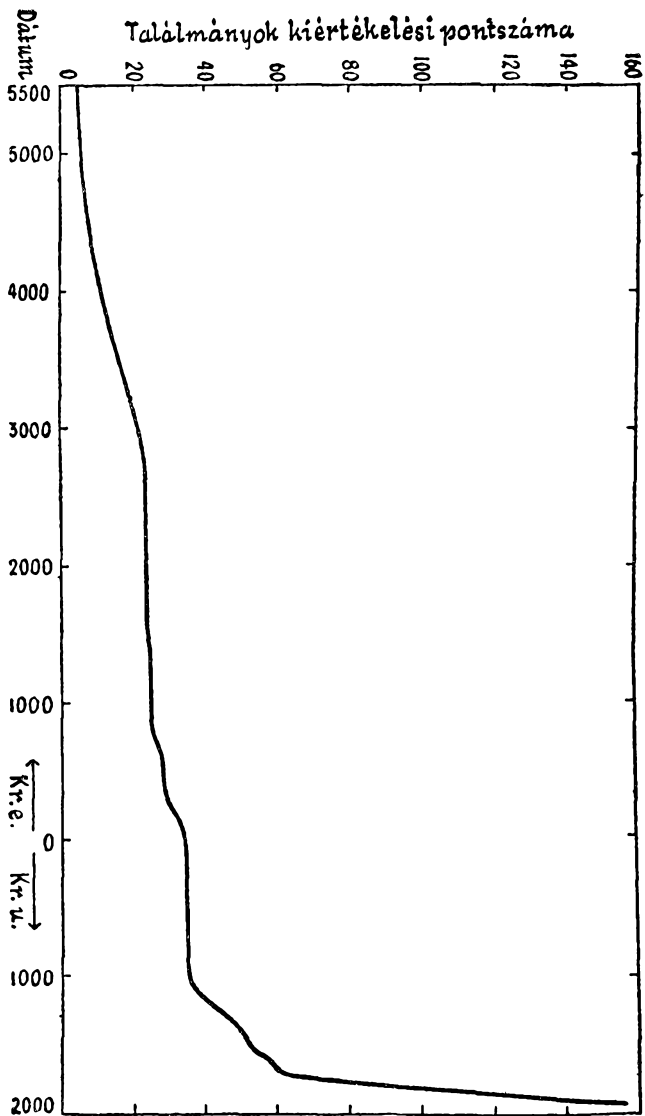
dik század végén kézieszközökkel egy négyzetmétert gyártottak. Természetesen minden esetben megfelelő arányban annyi munkaórát kell hozzá számítanunk amennyi a gép előállításához kellett. De mégha ezt meg is tesszük, a munkaerőmegtakarítás még így is óriási marad.

Ha a neolitikorszakbeli barbár ember primitív eszközeivel fenn tudta magát tartani, igaz, hogy mai szemmel nézve rettenetesen magas halálozási arányszám mellett, ha a tizenhetedik század emberei meg tudtak élni és közülük elég sokan, ha nem is éppen túlságos nagy, de mégis meglehetősen kényelmet élveztek, akkor a mi mai fejlett technikai felszerelésünk mellett, amely az övékét messze túlszárnyalja, a legkevesebb, amit megtehetünk az, hogy mindenki számára tisztességes életszínvonalat biztosítsunk. Az utolsó nyolcezer esztendőben végbement fejlődés megadja nekünk a módot, hogy mindenkit bőségesen ellássunk a szükségesekkel. Kiszámították, hogyha az Egyesült Államok technikai felszerelését mindenütt a két háború között elérhető legmagasabb színvonalra emelték volna, akkor az Egyesült Államok háborúelőtti termelését meg lehetett volna kétszerezni s ugyanakkor a munkaidőt a jelenleginek harmadára lehetett volna leszállítani, vagy pedig a jelenlegi napi munkaidő megtartásával a termelést hatszorosára lehetett volna emelni. Ez viszont annyit jelent, hogy a javak jelenlegi mennyiségének hatszorosa állt volna rendelkezésre az életszínvonal emelésére. S hogy a kettő közül melyik utat válasszuk, egyszerűen az emberek elhatározásától függ, hogy mit tartanak elsősorban kívánatosnak, a javak szaporítását vagy pedig több szabadidőt. Minden más ország elérhetné ugyanezt a színvonalat, de természetesen ez

bizonyos időbe telne. De ahogy már hangsúlyoztuk, az egyetlen korlátozó tényező, azonkívül amit saját magunk szabtuk magunkra, a rendelkezésre álló emberi munkaerő mennyisége a technikai felszerelés modernizálására. Ehhez semmi más nem kell, csak olyan szociális organizáció, amely biztosítja, hogy a tömeges munkanélküliség helyett minden hasznavehető munkást a technikai színvonal, tehát közvetve az életernívó emelésére használjunk fel. Az ehhez szükséges idő országok szerint különböző lenne. Az olyan országokban, mint Nagy-Britannia és az Egyesült Államok, ahol a technikai színvonal máris elég magas és ahol szerencsétlenségre a két háború között igen nagy volt a munkanélküliek száma, a folyamat nagyon gyors lehetne. Az elmaradt országokban, mint például Indiában hosszabb időre lenne szükség. Pedig még számításon kívül hagytuk a termelés teljesítő-képességének hatalmas fejlődését a háborús években, amit, ha a háború után megfelelően felhasználtak volna, már régen a legjobb úton lennénk a bőség korszaka felé. Azt a hatalmas ösztönzést sem vettük tekintetbe, ami új találmányokra sarkal, s amely találmányok a termelőképeség fokozására vezetnének, ha szociális erőfeszítéseink elsősorban az életszínvonal emelésére irányulnának. Ezzel szemben azonban itt vannak a szörnyű pusztítások, amelyek a háború alatt technikai felszerelésünket és üzemünket érték és amiket helyre kell hoznunk.

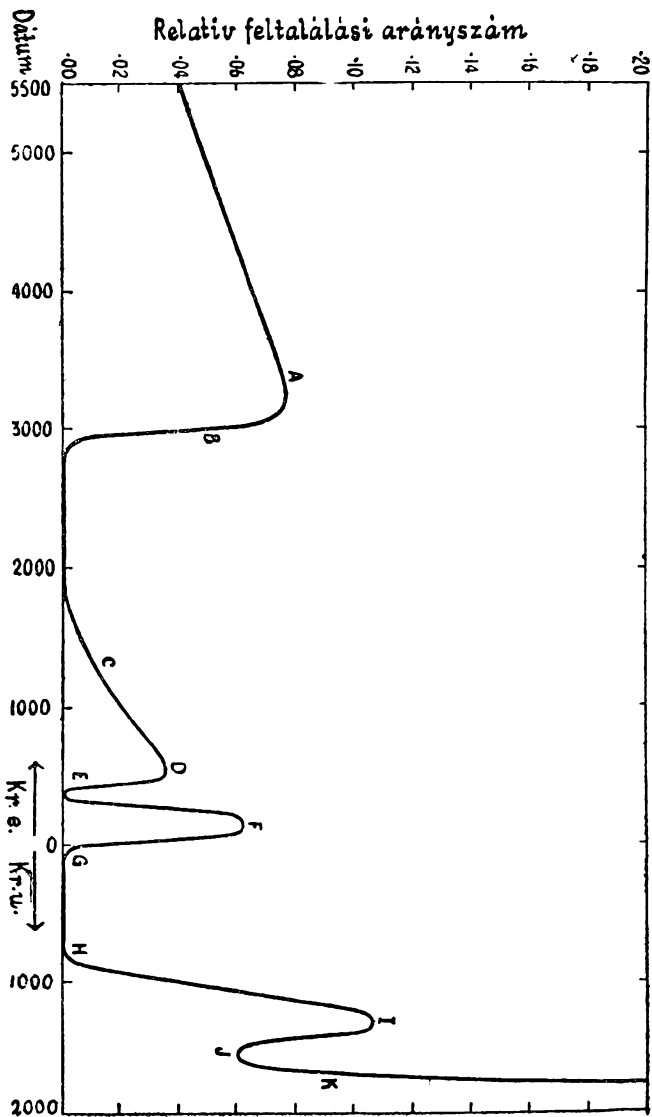
Pillantsunk vissza végig az úton a korai neolitikus időktől napjainkig és igyekezzünk széles távlatban látni, hogyan ment végbe a fejlődés. Ennek egyik módja az lenne, ha összeállítanánk valami kiértékelési táblázatfélét az alapvető technikai módszerekről, a legfontosabb szerszámokról és

gépekről, melyekkel az emberiség minden egyes korszakban rendelkezett. Egy ilyen kiértékelési táblázat részleteit kezdtük el a függelékben. Itt csak annyit kell megmondanunk, hogy a táblázat úgy van elrendezve, hogy a kiértékelési pontszámok összege egy bizonyos időpontig megközelítően az emberiség rendelkezésére álló alapvető szerszámok és gépek számát és ezek fontosságát jelképezik. A pontszámok növekedését a 232. old. ábra mutatja, amelyben az időpontokat az ábra alján húzott egyenes vonal mentén jeleztük, a görbe magassága pedig minden dátum felett, az addig az időpontig létrejött alapvető találmányok kiértékelési pontszámát képviselik. Más szavakkal azt jelzi, hogy az illető időpontban milyen és mennyi mechanikai felszerelés felett rendelkeztek az emberek. A görbe nem adhat pontos képet a haladásról, mivel a használt módszerek többrendbéli tévedésnek vannak alávetve (lásd függelék 3. pont), de a haladás általános menetéről elég jó fogalmat nyújt. A görbe lejtése egy adott pontban azt jelzi, hogy abban az időben a találmányok kiértékelési pontszáma milyen arányban növekedett. A legelső dolog, amit észreveszünk a diagramon, az, hogy *általában* minél magasabb a görbe egy pontban, ott annál gyorsabban emelkedik. Persze vannak kivételek. Például Kr. e. 3000 és 1000 között az emelkedés aránya sokkal kisebb, mint Kr. e. 3000 előtt, de láttuk, hogy a fejlődés ilyen lanyhuló időszakai mesterséges erők hatásának következményei, amilyen például egy különleges társadalom szerkezete. Észszerű tehát a feltevés, hogy a növekedés *természetes* módja, ha az ilyen tényezőket kiküszöböljük, olyan, hogy a találmányok arányszáma az illető idő segélyforrásaival együtt



növekszik, másszóval, az illető időpontig létesült találmányok kiértékelési pontszámával. Nem is várhatjuk ezt másképpen, mert hiszen minden bevezetett találmány megkönnyíti egy másik kitalálását. Darby találmánya, a koksszal való vaskiolvasztás, azt eredményezte, hogy bőven volt öntöttvas és így a tizenkilencedik század sok találmányához szolgáltatta a nélkülözhetetlen nyersanyagot. Minden lépés, ami a szállítóeszközöket tökéletesebbé tette, nagyobb mértékben centralizált üzemek és ezzel együtt nagyobb termelőképeségű gépek alkalmazását tette lehetővé. Azonkívül, hogy még általánosabban fejezzük ki magunkat, minden találmány azáltal, hogy a termelés lendületét növeli, növeli a társadalmilag felhasználható idő mennyiségét, amelyet nem kell a szükségletek tényleges előállítására fordítani és amelyet egyes szakemberek további feltalálások munkájára szentelhetnek, ha ezt a társadalmi szervezet megengedi.

Nos, az ilyenfajta növekedés a tudomány sok ágában jól ismert dolog, és az erre vonatkozó vizsgálati módszerek ki vannak dolgozva. Így növekszenek például a mikrobatenyészetek, ha táplálékhiány nem korlátozza növekedésüket. Ha az említett módszereket a jelen esetre alkalmazzuk, a 234. old. ábrán feltüntetett eredményeket kapjuk. Ezen a grafikonon (lásd még függelék 4.) a görbe magassága valamely pontban azt jelképezi, hogy a találmányok kiértékelési számának növekedése az illető időpontban milyen arányban áll magához a kiértékelési számhoz. Másszóval, az az ábra a technikai haladás fokát jelzi a már elért technikai színvonalhoz viszonyítva. Még pontosabban, a görbe magassága a technikai színvonalban átlagosan egy év alatt bekövetkezett százalékos



emelkedést mutatja az illető időpontban. Ezt mi „relatív feltalálási aránynak“ hívhatjuk. Ha a feltalálási arány növekedése mindig az előző paragrafusban említett törvényt követné, amely szerint minél magasabb a technikai színvonal, annál gyorsabb az emelkedése, akkor a *relatív* feltalálási arány állandó lenne és a 234. old. grafikonja vízszintes egyenes vonalat mutatna. (Függelék 5.) A valóságos görbe magasságának változása tehát úgy fogható fel, hogy azt jelzi, hogy a technikának haladásra való képessége időről időre hogyan változik. Minél magasabb a görbe egy bizonyos helyen, annál haladóbb a korszak, amelyet a grafikon e helye jelez.

Ennek a görbének a változásai nagyon érdekes módon tükrözik az irányzatokat, amelyeket a korábbi fejezetekben megbeszéltünk. Először is észrevesszük a gyors fejlődés hosszú időszakát, amely a Kr. e. 3000 előtti két- vagy háromezer esztendőre öleli fel. Erről a korszakról az I. és II. fejezetben beszéltünk, és ott elmondtuk, hogy milyen hatással volt az emberi életmódra; létrehozta a barbárságból a civilizációba való átmenetet és azt a szociális forradalmat, amelynek következtében a többé-kevésbé egyenlőségen nyugvó társadalom igen élesen elkülönülő és igen sokrétű osztályokra tagozódott. A görbe meredek esése a *B* pontban azt mutatja, hogy ez az osztályokra való tagozódás, mikor végül valami kasztrendszerfélévé merevedett, visszahatott a feltalálásra és a haladás csaknem teljes szünetelését vonta maga után. A következő három- vagy négyezer esztendő, amint a görbe tanúsítja, nem mutat fel korántsem olyan haladást, mint a Kr. e. 3000-et megelőző korszak. Csak itt-ott vannak rövid periódusok, mikor a fej-

lődés nem túlságosan gyorsan, de nekilendült. Valóban, közel ezer éven át egyetlen alapvetően fontos találmány sem született, és a görbe csak *C*-nél kezd újra jelentékenyen emelkedni. Ez a pont a vaskorszak elejét jelzi, mikor a késői bronzkorszak feltalálásra való készsége kissé újraéledt, ahogy ezt a II. fejezet végén megjegyeztük. A vas sokkal általánosabban hozzáférhetővé tett fémeket, és megteremtette a feltételeket az olyan gépek használatához, mint a csiga vagy a kézi malom. Segítségével jutott el az ember az athéni kultúra nagy napjaihoz, melyeket az ábrán a *D* csúcs jelez. De azután megnyilvánultak az ellentmondások, melyek abból eredtek, hogy a görög világ apró, egymással rendszerint háborút viselő városállamokra oszlott, aztán pedig a bajok, melyek az ipari rabszolgaság hallatlan megnövekedéséből származtak. Ezért mutat a görbe *E*-nél meredek süllyedést (függelék 6.). Nagy Sándor hódításai és a rákövetkező hatalmas hellén terjeszkedés részben kiküszöbölték ezeket az ellentmondásokat és megvetették az alapját egy közel háromszáz évig tartó olyan rendkívül gyors fejlődésnek, amilyent a világ Kr. e. 3000 óta nem látott. (Az ábrán ezt az *F* pont mutatja.) A vaskorszak rabszolgaállamaiban rejlő ellentmondás újból megnyilatkozott, és a római uralom alatt a lényeges dolgokban a haladás teljesen megszűnt. Az ábrán a *G* hely jelzi ezt. Aztán jött a római birodalom hanyatlása és a barbárok beözönlése, ami egyrészt erős hiányt okozott munkaerőben (mivel a rabszolgaszerzés mechanizmusa csődött mondott) s ennekfolytán ösztönzést adott gépezetek használatára, másrészt új társadalmi szerkezetet eredményezett, amely a mesterembernek kedvezőbb helyzetet biztosított,

mint amilyenben Kr. e. 3000 óta legtöbbször volt. Ezután következett az első korszak, amikor gépek, mint például a vízikerek, egész Európában elterjedtek, és egyre nagyobb mértékben használatba jöttek. Ez természetesen nem tükröződik a görbén, amely találmányokra vonatkozik, de röviddel az ezredik év előtt a régi technikai alkotásoknak az az elterjedése új technikai találmányokra vezetett. Ezért H -nál a relatív feltalálási arány elkezd gyorsan emelkedni, és I -nél a görbe magasabbra emelkedik, mint A -nál. Így hát végre 4000 esztendő után a haladás mértéke túlnőtt azon a ponton, amelyre közvetlenül a civilizáció hajnala előtt a társadalmak feljutottak. De a fejlődés még miadig nem halad zökkenő nélkül. A görbe I -nél egy ideig áll, aztán visszaesik J -hez. (Függelék 7.) Ezután 1700 körül, a görbe éles fordulatot vesz felfelé, s olyan meredek lesz, hogy alig lehet a függőlegetől megkülönböztetni. Elkezdődött a gyors haladás modern korszaka. A görbe kiszalad a lapról, és a tizenkilencedik század végéig három és félszer akkora magasságot ér el, mint a 234. oldalon lévő ábra négyszögének magassága.

A görbe egyideig tartó lefelé való fordulása érdekes jelenség. Arra ösztönöz bennünket, hogy keressük, milyen erők akadályozták meg, hogy a haladás mértéke, mondjuk Kr. u. 900-tól, állandóan emelkedjen, miért szakadt meg az emelkedés 1300 és 1700 között? A magyarázat elemeit az V. fejezet végén és a VI. fejezet elején már megadtuk. A középkori találmányok útján üzembeállított új gépezeteket csak az ipar új szervezete mellett, a kapitalista ipari szervezet mellett lehetett teljes mértékben kihasználni. A hűbériség politikai és társadalmi rendszere meggátolta a kapitalizmus

teljes kifejlődését, s ennekfolytán megakadályozta az új gépek tökéletes kihasználását. Sőt mi több, mivel az akkori új termelési módszereket nem tudták tökéletesen kihasználni, kevés kilátás volt arra, hogy újabb találmányokat alkalmazhassanak, s ez a feltalálókat nem nagyon sarkalta. A társadalom hűbéres szerkezete tehát, mivel lehetetlenné tette, hogy az ipar szervezete lépést tartson a technikai fejlődéssel, felelős a feltalálások mértékének visszamaradásáért. Mindamellett a feltalálások továbbhaladtak. A kedvezőtlen tényezők nem ölték meg. A görbe *I*-nél nem emelkedik tovább, de süllyedésében is jóval zero felett marad. A feltalálások egyre tovább haladnak, a kedvezőtlen társadalmi körülmények csak részben tudják megakasztani. S ugyanekkor az új technikai módszereket egyre szélesebb körben alkalmazzák és ezzel együtt a kapitalista ipari struktúra állandóan terjeszkedik, míg végre, először Angliában, aztán másutt is, a „polgári forradalom“ (lásd VI. fejezet) szétöri a feudalizmus korlátozó bilincseit. S amint a korlátozásokat megszüntették, a találmányok arányszáma eddig soha nem tapasztalt színvonalakra szökött fel (a 234. old. ábráján *K* után).

Ebből a példából világosan látszik két összefüggés a technikai találmányok és a társadalmi szerkezet között.¹¹ Látjuk először is, hogyan hat a társadalmi szerkezet a feltalálási arányszámra. Miután a római birodalom terjeszkedése megállt, a hűbériség új lökést adott a technikai fejlődésnek és a feltalálási arány gyorsan emelkedett körülbelül Kr. u. 1300-ig. Ekkor a feudális társadalmi szerkezet, amely többé már nem volt alkalmas arra, hogy a saját maga által teremtetett technikai vívmányokat felhasználja, lelassította a feltalálási mér-

ték emelkedését, míg egy új társadalmi struktúra, a kapitalizmus meg nem jelent. Ez aztán új lendületet adott a technikai haladásnak, és ezzel a feltalálási arányszám szinte elérhetetlen magasságba szökött.

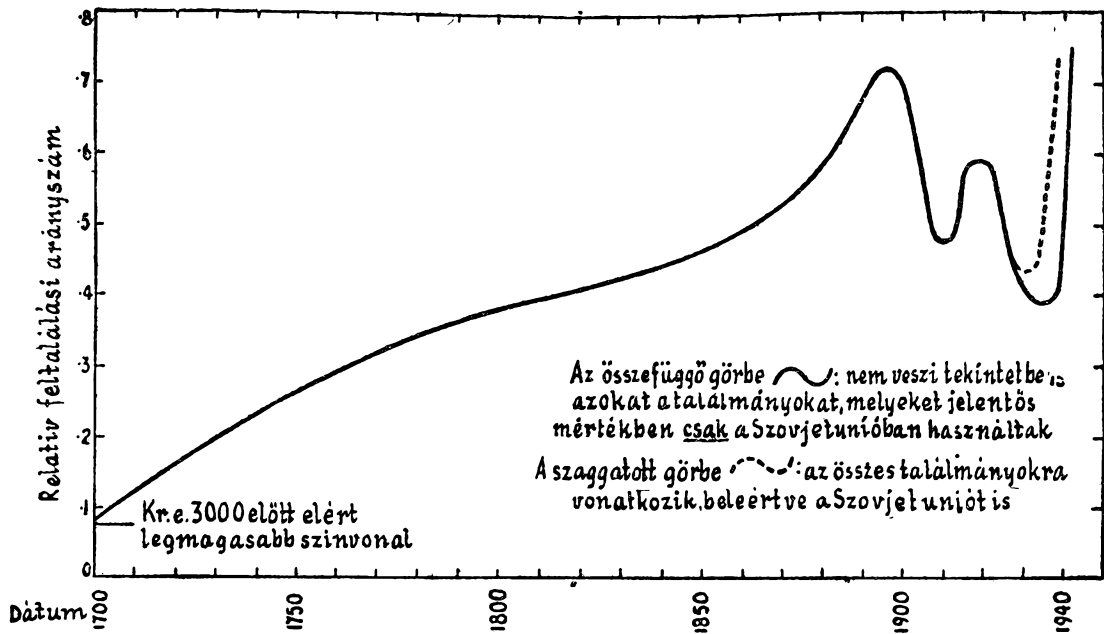
Láttunk erre más példákat is. Az olvasó előre következtethet hasonló hatásokra. Például Kr. e. 1000 és a mi saját korszakunk kezdete között megláthatja, hogyan befolyásolta az ipari rabszolgaság emelkedése a technikai haladás mértékét. Ezekből a példákból azt az általános érvényű következtetést vonhatjuk le, hogy a társadalmi formának igen nagy hatása van a feltalálási arányszámra és hogy *egy társadalmi forma, amely fiatal napjaiban elősegíti a technikai haladást, végül is, éppen a saját maga által létrejött találmányok révén, hátráltathatja azt, míg egy új társadalmi szerkezet a helyébe nem lép.*

A fordítottja is igaz. A technikai haladás befolyásolja a társadalmi szerkezetet. Nem az egyetlen, de nagyon fontos és alapvető tényező ez. A hűbériségből a tőkés társadalomba való ugrás, ahogy láttuk, nagyrészt a középkori technikai vívmányok eredménye volt. Akkor történt, mikor a hűbériség alkalmatlannak bizonyult arra, hogy a további fejlődés hordozója legyen. S egy másik példa, melyet a II. fejezetben részletesen megbeszéltünk: A Kr. e. 3000 előtti évezredek találmányai új életfeltételeket teremtettek, amelyek szükségszerűvé tették, hogy az osztály nélküli társadalom átalakuljon olyanná, amelynek fő szerkezeti sajátága az osztályokra való tagozódás volt. Így arra a következtetésre jutunk, amely az első következtetésünket kiegészíti, hogy a technikai haladás, azaz a találmányok és a találmányok használatának terjedése,

alapvető tényező a szociális szerkezet meghatározásában; általa válik szükségsszerűvé, hogy egyik társadalmi szerkezet másikká alakuljon át.

Szemügyre vettük a 234. old. ábra részleteit. Ha most a görbét, mint egészet tekintjük, egy tény tolakszik az előtérbe, ami sokkal szembe-
szökőbb, mint bármelyik részlet: az, hogy a technikai fejlődésnek két nagy időszaka volt. A Kr. e. 3000 előtti két vagy háromezer esztendő és a Kr. u. 1100 (vagy még inkább 1700) óta eltelt évszázadok. E két időszak között viszont nagyon kevés technikai fejlődés ment végbe és csak egy-két olyan rövid időszak volt, melyben valami nagyon szerény haladásról számolhatunk be. A gyors fejlődés két korszaka annyira kiemelkedő, hogy megérdemli, hogy külön nevet kapjon. Úgy hívjuk őket, hogy „Az első, illetőleg a második ipari forradalom”. Minden, ami az emberiséggel technikai téren (még pedig nem csupán a szerszám és gépi technika terén) a két forradalom között történt, eltörpül amellett, ami a két ipari forradalom idejében ment végbe. Már több ízben hangsúlyoztuk az első ipari forradalom világraszóló hatásait: A civilizáció megteremtését, a szállítás és közlekedés könnyebbé tételét, ami a korábbi falvakat egyre nagyobb államokká kapcsolta össze és ezzel együtt az ember látókörét kitágította, az osztály nélküli társadalom átalakítását osztályokra tagolt társadalommá, legalább kisszámú embernek megfelelő szabad időhöz való juttatását, amely szabad idő az irodalom és művészet, valamint a tudomány és filozófia sok formájának megteremtésében fontos tényező volt. A második ipari forradalom eddig még félannyi ideig sem tartott, mint az első, de a haladás itt összehasonlíthatatlanul gyorsabb. Nem várhatjuk-e

el vajjon, hogy olyan nagy változásokat hozzon létre, mint az első? Ha valaki a két- vagy háromszáz év előtti időkig így beszélt: „Így volt, így marad. Nincs semmi új a Nap alatt“, joggal hihetette, hogy igazat mondott, az idő nem cáfolta volna meg. Mert valóban Kr. e. 3000 óta nagyon kevés történt és a régészet akkor még nem fedezte fel azt a fejlődést, amely Kr. e. 3000 előtt végbe ment. De ma, amikor a hatalmas második ipari forradalom közepette élünk, és tudjuk, hogy a technikai vívmányoknak éppen olyan nagy hatásuk kell, hogy legyen, mint amilyen volt az első ipari forradalomban, kevés mentséget találhatunk azok számára, akik tagadják, hogy az emberiség életét minden tekintetben meg lehet változtatni. A 232. oldalon lévő ábrán látható görbe végének magasba lendülése, amely a legutóbbi 250 év technikai haladását mutatja, melyben az ember rendelkezésre álló mechanikai vívmányok száma több mint kétszeresére növekedett, bizonyos, hogy ropant nagy változások eljövetelét jelzi. Jelenlegi életünk minden körülményét átmenetinek kell tekintenünk. Ahogy az első ipari forradalom bőséget és a bőség élvezésére szabad időt teremtett *kevesek* számára, most a második bőséget és élvezésére szabad időt hozhat *minden embernek*. Ahogyan az első az egymástól elszigetelt falvakat nagy államokká változtatta, a második a világot máris egyetlen gazdasági egységgé tette, és arra hívja fel az emberiséget, hogy az egymással vitázó vagy harcban álló nemzeteket egyetlen világegységbe olvassza össze. Ahogyan az első ipari forradalom, azáltal, hogy keveseknek megadta a lehetőséget a meggazdagodásra, létrehozta a társadalmi osztályokra való tagozódását; a bőség mindenki szá-



mára, amelynek lehetőségét a második ipari forradalom teremtette meg, a társadalmi osztályok megszüntetésére vezet, és végre megteremti helyettük az igazi „szabadságot, egyenlőséget és testvériséget“. Hogy aztán milyen hatása lesz végül a második ipari forradalomnak a művészetekre, a filozófiára és a tudományra annak megjósolása ma még meghaladja értelmünket

Említettük a 234. oldalon látható görbével kapcsolatban, hogy olyan gyorsan emelkedik, hogy a lapra rá sem lehet rajzolni. Ettől eltekintve azonban keveset mondtunk ennek a relatív feltalálási arányt ábrázoló vonalnak viselkedéséről a második ipari forradalom későbbi fázisaiban. Pedig ebből is tanulhatunk valamit. A 242. old. ábrán a görbe menetét látjuk az utolsó százötven esztendőben. (Függelék 8.) A léptéket megváltottuk, de összehasonlítás kedvéért jeleztük azt a magasságot, melyet a görbe az első ipari forradalomban elért. A diagramban a legfeltűnőbb (ha egyelőre megállapodunk abban, hogy a legutóbbi néhány évet nem vesszük tekintetbe), hogy a feltalálási arányszám a kilencevenes években csúcserőig emelkedett és aztán egész gyorsan lehanyatlott (csak az 1914—18-as háború éveiben emelkedett megint kissé magasabbra). Az utóbbi években a technikai vívmányok *részleteikben* állandóan tökéletesedtek, de ha csak az alapvetően fontos találmányokat vesszük tekintetbe, amint ez a grafikonon is történt, azt találjuk, hogy a feltalálási arányszám a kilencevenes évekig emelkedett, aztán hanyatlani kezdett, és az 1930-as években jóval a csúcserő alatt, körülbelül azon a színvonalon volt, mint másfélszáz évvel ezelőtt. (Függelék 9.) Nem haladunk olyan gyorsan, mint ötven évvel ezelőtt.

Ezt a tényt mások is észrevették. (Függelék 10.) Mivel azonban ők ahelyett, hogy csak szerszámokat és gépeket vettek volna tekintetbe, a találmányok egész területével számoltak, és mivel a táblázat, amelyet használtak, a miénknél rövidebb volt, s végül mivel minden találmányt egyenlőnek vettek, ahelyett, hogy fontosságuk szerint legalább nagyjából kiértékelték volna őket, a csúcsértéket különböző időpontokra helyezték. Abban azonban mindannyian megegyeznek, hogy a legújabb időkben hanyatlás következett be.

Az ilyen feltűnő hanyatlás magyarázatra szorul. Annak aligha tulajdoníthatjuk, hogy a táblázat összeállításánál egyes találmányokat kihagytunk, mivel ahhoz, hogy a görbe 1930-as magasságát az 1895-ös nivóra emeljük (nem is beszélve arról, hogy a tizenkilencedik század állandóan emelkedő vonalán tovább haladjunk felfelé) 1930 és 1940 között jóval több, mint négy olyan találmányt kellene még találnunk, amelyek fontosságban a gőzgéppel versenyezhetnek. Nem valószínű, hogy ilyen találmányokat kifelejtettünk volna. Talán az a magyarázat, hogy a technikai fejlődés lehetőségei végük felé közelednek? Erre céloz Furnas, mikor mondja: „Csaknem minden fel van már fedezve. Nem egészen minden, mert még izgünk-mozgunk, de csaknem.” Az egyiptomi fáraóknak azt kellett gondolniuk, hogy az ő idejükben azért szüntek meg a feltalálások, mert már minden fel volt fedezve. Ma már tudjuk, hogy tévedtek. Nagy felelősséget vesz magára, aki azt jósolja, hogy a további fejlődés lehetetlen. Nem létezhetik bizonyíték, amely az ilyen jóslatot alátámasztaná. Mégha nem is tudnánk kigondolni új találmányokat, amelyekre szükségünk lenne, akkor is leg-

feljebb saját korlátoltságunkra szabadna hivatkoznunk. Valójában azonban egyáltalán nem nehéz egész sor találmányra gondolni, amelyet valószínűleg a közeljövőben megvalósítanak. Ilyen például a folytonosan változtatható, megbízható fogaskerékáttétel, általános használatra alkalmas nagyfeszültségű elektrosztatikus generátor, nagyfeszültségű egyenáramú erőátvitel, jó hatásfokú energia-tárolás, gépi szerszámok stb., melyek maguk élesítik magukat. Mindezek jelenleg kísérleti stádiumban vannak (korlátolt látásunk nem nagyon engedi, hogy többet mondjunk) és eljön az idő, hogy a legtöbbje megvalósul. Hozzájárul ehhez a fontos tény (amelyet később megtárgyalunk), hogy a második világháború alatt a feltalálási arányszám ismét gyorsan emelkedni kezdett. Úgy látszik tehát, hogy van még sok találmány, amely megvalósításra vár, de egyes okok, melyeket ki kell derítenünk, lelassítják a megvalósítás útján haladó találmányok arányszámának emelkedését.

Azért volna így, mert a találmányok, melyek megteremtése még hátra van, sokkal nehezebbek, mint az eddigiek. Nehezen tudjuk elhinni, hogy valamikor a kilencvenes években az összes aránylag egyszerű problémákat kimerítették és a továbbfejlődés nehézségei hirtelen megnövekedtek, úgy hogy ötven év alatt a találmányok arányszáma közel ötven százalékkal esett. Ha ez volna az ok, akkor ehelyett azt várnánk, hogy a görbe lassan vízszintes lesz és aztán éppen olyan lassan hanyatlik lefelé. Természetes, hogy a feltalálás nehezebb, ahogy a fejlődés továbbmegy (erről később több mondanivalónk lesz). A történelem kezdete óta a megvalósítandó találmányok fokozatosan nehezebbek lettek. A vízikerek nehezebb volt, mint a vi-

torla, a gőzgép nehezebb, mint a vízikerek, a turbina nehezebb, mint a dugattyús gőzgép. De ugyanakkor az emberiség segélyforrásai meggyarapodtak, korábban feltalált technikai vívmányok minden új lépést támogattak, a technika általános haladása lehetővé tette, hogy a közönség több időt szentelhesen a legközelebbi probléma megoldására. Így annak ellenére, hogy a feladatok egyre nehezebbek lettek, a feltalálási arányszám növekedett, ha szociális tényezők nem állták útját. Nem lehet észszerűen feltételezni, hogy a tizenkilencedik században a nehézségek hirtelen túlszárnyalták a segélyforrásokat.

Nos, már találkoztunk korábbi esetekkel, mikor aránylag gyors fejlődési időszak után a feltalálási arányszám lecsökkent. Például Kr. e. 3000 után, Kr. e. 400 körül, a római birodalomban, Kr. u. 1300 és 1700 között. És mindegyik esetben megtaláltuk a hanyatlás társadalmi okait. Különböző irányzatok, melyek ez idő társadalmi szerkezetéből eredtek, a mód, ahogyan a termelést és fogyasztást irányították, olyan hatással voltak, hogy elvették a kedvet a további feltalálásoktól. Ez azt a gondolatot kelti, hogy a legújabb évek hanyatlása mögött is talán társadalmi okok lappanganak. Azzal kezdhetjük, hogy feljegyezzük, az utolsó félszázadban milyen új társadalmi és gazdasági jelenségek mutatkoztak. Ezek közül néhányat a VII. és a IX. fejezetben már említettünk; az állandó nehézséget, mellyel a gyárosoknak áruik eladásánál meg kellett küzdeniök, a krónikus munkanélküliség, a kartellek és monopóliumok kialakulását. A kilencedik fejezetben alkalomszerű példákkal már bemutatuk, hogy ezek a dolgok hogyan hátráltathatták a fejlődést. Rendszerint úgy hatnak, hogy a ter-

melést korlátozzák. Ez azonban annyit jelent, hogy a gyárosoknak nem lesz nagy kedvük a legújabb típusú gépek bevezetésére, ami viszont csökkenti a feltalálók igyekezetét, hogy új gépeket konstruáljanak. Néha a dolgok odáig mennek, hogy egyenesen kedvét szegik a feltalálóknak.

Hogy az árueledés terén mutatkozó krónikus bajok hogyan szegik kedvét a feltalálóknak, arra egy feltűnő (de ezért egyáltalán nem mondhatjuk, hogy nem tipikus) példa a Rust testvérek esete a gyapotszedőgéppel. (Lásd IX. fejezet.) Ez a találmány nem terjedhetett el (kivéve a Szovjetunióban), az úgynevezett „túltermeléstől“ való félelem miatt. Ez természetesen azt a furcsa helyzetet teremti meg, hogy az emberek, akiknek nyilván szükségük van gyapotárukra, nem tudják megvásárolni az anyagi javak egészségtelen elosztása miatt. Elég ritka eset, hogy a feltalálók előre látják ezt a nehézséget és szándékosan korlátozzák gépeik használatát, mint ahogy a Rust fivérek tették. Rendszerint az történik, hogy a termelők túltermeléstől való félelmükben egyszerűen nem használják a gépet.

Az eladási nehézségek óriási és pazarló s szinte hadjáratszerű hirdétési versenyre vezetnek és arra, hogy a vevők felkutatására hatalmas eladási személyzetet kell alkalmazni. A háború előtt egy gépkocsiban, amely 600 fontba került, 90 font értékű volt a direkt gyári munka és körülbelül 240 font ment az eladással járó költségekre. Mármint egészen nyilvánvaló, hogy a gépkocsit elvinni a vevőhöz és egy embert szerezni, akinek csak az a feladata, hogy a kocsit átadja és az érte járó pénzt felvegye, közel sem kerül ekkora összegbe. Az aránytalanság okát Norton Leonard a „Hol-

nap szerszámai“ című könyvében világosan kifejti, mikor azt mondja, hogy a baj „egy gép vagy módszer kifejlődésével veszi kezdetét, mikor valamely hasznos árucikk előállításának költsége az azelőtti előállításának költség törtrészté csökken. Minden bevezetett gyáros, aki megteheti, megvásárolja a gépet, hogy termelési eredményét többszörösre növelhesse. A beruházási költségeket azonban meg kell fizetni. Ezért valamennyien azzal számolnak, hogy a rendelkezésre álló piacból nagyobb részt kell megkaparintani maguknak. Elárasztják tehát a közönséget költséges hirdetésekkel. Növelik az eladószemélyzetet és az eladási költségeket, nagyobb bizományi jutalékot adnak, a kereskedelmi életben ismert összes trükköket igénybe veszik. Lehet, hogy a cikk ára valamit esik, de az új módszer előnyeit az eladási költségek, és a számfeletti gépek kényszerű pihentetése legnagyobbbrészt semmivé teszik. Ma nagyon sok esetben egy árucikk kiskereskedelmi ára, melyet főképp automata gépekkel állítanak elő, háromszor vagy négyszer annyi, mint a termelési költség.“ A közösségnek tehát majdnem semmi haszna nincs abból, hogy a gyárakban tökéletesebb gépek dolgoznak. De ami még rosszabb, „ez a dolog — folytatja Norton Leonard — a legújabb és legjobb hatásfokú felszerelés bevezetését lelassítja. A gyárosok előre látják a közeledő bajokat, tehát nem fektetik be pénzüket gépekbe, amelyek lecsökkentik szorosanyott termelési költségeiket, de megfogható nyereséget nem hoznak“. És ha nem haszná'lják a létező legjobb gépeket, mi ösztönözze a feltalálókat, hogy még jobbakat csináljanak? Mindez természetesen tisztára mesterkélt dolog. Nincs hiány igazi piacban a gyártmányok számára; nincs hiány abban

az értelemben, hogy vannak emberek, akiknek szükségük van az árucikkekre. A nehézség a vásárlóképesség elosztásában rejlik, abban, hogy akiknek szükségük volna a javakra, nem tudják megvásárolni. A vélemények különbözhetnek abban a tekintetben, hogy a helytelen elosztást hogyan kell megjavítani, de az mindenki előtt világos, hogy ha a hibát már eltüntettük, nemcsak az emberek húznak nagyobb hasznot tökéletesebb termelési módszereinkből, de a feltalálások arányszáma is hatalmasan fel fog duzzadni.

A munkanélküliség oka sem egyéb, mint ugyanez a hibás elosztás, más oldalról tekintve. A javakat nem adják el, a termelés csökken, tehát az embereket kidobják az üzemekből. És azt emlegették, hogy a munkanélküliség a másik oka, hogy a Rust-féle gyapotszedő gép alkalmazását korlátozták. Az is igaz, hogy kevés föltaláló cselekszik úgy, hogy ilyen tökéletesen tudatában lenne annak, hogy művének milyen kihatásai lehetnek. De ha kevésbbé tudatos is előtte, mégis vissza fogja riasztani, hogy találmánya a munkanélküliséget növelheti. Hogy a munkanélküliek egy részét munkába állítsák, néha megtörtént, hogy primitív termelési módszerekre tértek vissza. W. I. Sirovitch az Egyesült Államok kongresszusában ezt mondta: „Az egyik nyugati állam a múlt évben több szerződést kötött utak kövezésére, amely szerződésekben az a különleges kikötés volt, hogy olyan gépeket, amelyekkel munkát lehet megtakarítani, nem szabad alkalmazni. Ezt azzal a szándékkal tették, hogy növeljék a munkalehetőségeket. Arról nem értesültem, hogy az emberektől megkövetelték-e, hogy puszta kézzel ássák fel a földeket és takarítsák el a szemetet, vagy pedig megenged-

ték-e nekik, hogy ásóval dolgozzanak s így ugyanannyi idő alatt kétszer vagy háromszor annyi munkát végezzenek.“

A munkanélküliség a technika haladását más-képpen hátráltatja. Az embertömeg, amely alig várja, hogy munkába állhasson, leszorítja a béreket, úgyhogy gyakran olcsóbb visszatérni a sok kétkézi munkával járó primitív termelési módszerekhez, mint automata gépeket bevezetni. Mivel az emberi munkaerő olcsó, emberekkel végeztetnek olyan lélekölő, egyhangú folyton ismétlődő munkát, amelyet ugyanúgy vagy jobban el lehetne végeztetni önműködő gépekkel. Ezért van például, hogy a fotocellának lehetőségeit a termelésben még korántsem használták ki.

Kartellek és monopóliumok létesítésére való hajlam ugyancsak korlátozza a termelést. Hiszen keletkezésük egyik oka éppen az, hogy fenntartsák a magas árakat azáltal, hogy megegyeznek a termelés korlátozásában. Ez aztán visszatartja a technika fejlődését olyan módon, amint már megbeszéltük. A monopólium azonban gyakran közvetlenebb módon fejt ki hatását. Ez a probléma sokat foglalkoztatta az Egyesült Államok kormányát. A New Deal politika idejében több kormánybizottság foglalkozott vele. Jelentéseket bocsátottak ki, amelyekből alább idézünk. Egyikben ezt olvasuk: „...az ellenállás mindig kapitalista érdekekből indult ki, amelyek úgy látták, hogy tulajdonukat és jövedelmüket az új találmányok veszélyeztetik. A vasutak bevezetésével a vámsorompó- és postakocsitulajdonosok helyezkedtek szembe. A világítógáz használatát azért ellenyezték, mert tönkre teszi a cet-olaj üzletet. Később a villanyvilágítás bevezetése ellen a gáztársaságok harcol-

tak. A távbeszélő a távíró-társaságok elkeseredett ellenzése közepette született meg. A drótnélküli távíró ellen a távíró-társaságok hadakoztak, a rádiótelefon a telefon, a távíró és a szikratávíró érdekeit sértette. Noha egyesült szervezetek fejlesztenek és hasznosítanak sok találmányt, gyakran egyesületek veszik fel sikeresen a küzdelmet törvényjavaslatok ellen, melyek megkövetelik tőlük, hogy modern újításokat vezessenek be...“ Charles F. Kettering, a General Motors alnöke egy 1927-ben tartott beszédében ezt mondta: „Bankárok a tudományos kutatást rendkívül veszélyesnek tartják, olyasminek, ami a banküzletet kockáztatossá teszi azáltal, hogy az iparban gyors változásokat okoz. A bankár, aki egy új találmányt finanszíroz, amely tönkre fogja tenni jelenlegi beruházásait, olyan, mint a váltóőr, aki elalszik a váltó mellett. A haladás tehát bizonyos mértékig attól függ, hogy szerézhető-e szabad tőke, azaz olyan, amely nem áll semmiféle központi ellenőrzés alatt. Az üzlet és a bankélet minél jobban központi irányítás alá kerül, annál kevesebb alkalom lesz szabad kezdeményezésre.“

A kapitalista érdekek ellenállása, mikor új találmány fenyegeti jövedelmüket, természetesen nem az utolsó ötven évben fellépett teljesen új jelenség. A vasutakkal szemben kifejtett ellenállás, amelyről a VII. fejezetben volt szó s amelyet ez az idézet is emleget, régebbi példa, s ugyanilyen maguknak a vasutaknak későbbi ellenállása a gépesített országúti forgalommal szemben. Már ezek a régi esetek is leginkább olyan iparokkal kapcsolatban fordulnak elő, mint pl. a szállítás és a hírközlés, amelyek erősen hajlamosak a monopolizálódásra. De a monopóliumok növekedése, ami a gaz-

dasági struktúra általános sajátossága, új tényezőket kelt életre. A szabad verseny első napjaiban aránylag könnyű volt megküzdeni az ellenállással. Nem volt nehéz valamelyik versenytárstól támogatást kapni. A sok egymással versenyben álló termelő közt akadt egy, aki hajlandó volt az új technikai eljárást bevezetni. Így a kapitalista érdekek ellenállása ritkán késleltette a haladást. Egy monopóliumnak azonban egészen más hatalma van. Jól fejezte ezt ki Henry A. Wallace, az Egyesült Államoknak volt elnökhelyettese, mikor 1943 szeptemberében ezt mondta: „A világ népei és kormányai öntudatlanul hagyták, hogy a kartellek és a monopóliumok kormány feletti kormányt alkossanak, s ezáltal a tudomány nagy területeit monopolizálhassák és szétoszthassák, és a világ piacait szétszabdalják. A népnek vissza kell szereznie hatalmát, hogy elbánhasson ezzel a szuper-kormány-nyal. Ez a szuper-kormány kijátszotta az Egyesült Államok népeit, nemcsak a gumikérdésben (s itt hivatkozik Wallace a titkos egyezményekre, melyeket amerikai monopóliumok a német I. G. Farbenindustrie-val, a nagy német vegyikonszernnel kötöttek, s amelyek nagymértékben korlátozták a háború előtt a szintétikus gumi gyártását Amerikában), de egész sereg más döntő jelentőségű iparban is. Ezeknek a klikkeknek saját, nemzetközi kormányzatuk van, melynek közbenjárására különleges kvótát élveznek. Kiküldötteiket ott találjuk a világ nem egy nagy nemzetének külügyminisztériumában. Megteremtik saját vámrendszerüket és eldöntik, ki kapjon engedélyt termelésre, vásárlásra és eladásra... S ebbe a (szintétikus gumira vonatkozó) titkos egyezménybe, amely egy amerikai monopólium és egy

német kartell között jött létre, semmiféle nyilvános hatóság nem szólhatott bele. Sokkal fontosabb volt, mint a legtöbb szerződés, s az Egyesült Államok szenátusának sohasem volt rá semmiféle befolyása.“

Ilyen nagy hatalma van a monopóliumnak. Uralkodik az iparnak egész területei felett. Ha megtagadja egy találmány alkalmazását, nincs versenytársa, akihez a feltaláló fordulhatna. Az óriási tőkebefektetés, amely nélkül modern ipar nem lehet teljesítőképes, lehetetlenné teszi, hogy új versenytárs lépjen a küzdőterre, hogy új termelési módszert hasznosítson. Egy monopólium természetesen ritkán éri el az abszolút teljességet, de még így is igen nagy hatalma van, és módjában áll százféleképpen megakadályozni valamely technikai újítás bevezetését. Egy találmány bevezetése bizonyos fokig rendszerint egy már meglévő technikai fokozat használatától függ. S mivel ez utóbbival a monopólium rendelkezik, az újítás bevezetését megakadályozhatja. Egy másik közönséges módszer abban áll, hogy a monopólium megvásárolja a találmányok szabadalmát, hogy mások ne használhassák, s aztán ő maga sem használja. A legtöbb országban a szabadalmi törvény elméletben tiltja ezt. Elméletben, ha egy szabadalmat nem használnak ki, bárki törvényes eljárást indíthat és engedélyt kaphat a szabadalom felhasználására. A gyakorlatban az ilyen eljárás költségei olyan nagyok, hogy a monopólium ténylegesen meggátolhatja a szabadalom felhasználását. 1934-ben például az amerikai Bell telefon társaság 9234 szabadalom felett rendelkezett, de ezek közül csak 4225-öt használt fel. A társaság által felsorakoztatott érvek ellenére a szövetségi kormány bizottságot

küldött ki a dolog felülvizsgálására. Ez megállapította, hogy a fel nem használt szabadalmak közül 3433 társadalmilag hasznos lett volna, de ezeket a társaság elsüllyesztette, hogy érdekeit a versenytársakkal szemben megvédje.

A monopólium néha csak korlátozza az új módszer vagy találmány alkalmazását, mint ez például a wolframkarbid esetében történt (lásd IX. fejezet), néha azonban teljesen lehetetlenné teszi. A „New Deal” lapok egyike, a „Technological Trends” így ír: „Az elektromos iparban újítások bevezetése késedelmet szenved, mert a nagy testületek, amelyek az iparnak ezen a területén uralkodnak, felvásárolják és elsüllyesztik a szabadalmakat... Feltaláltak egy tökéletesebb villanylámpát, amellyel a fogyasztók becslés szerint évente tízmillió dollárt takarítanak meg. De ez a lámpa piacra nem került.” Ugyanebben a lapban később C. C. Furmas ezt írja: „A cikk szerzője tud egy fémkohásról, aki csinált magának egy zsilettpengét, megélesítette és nitrálta. Két évig naponta borotválkozott vele, anélkül, hogy újra kellett volna élesíteni. A pengegyárosokat a dolog természetesen nem érdekli.” Angliában nehéz konkrét példákra bukkanni, részint mert a kormány nem indított és nem indít ilyen ügyben vizsgálatot, részint, mert a rágalmazási törvény veszélybe dönthet mindenkit, aki ilyen különleges esetet nyilvánosságra hoz. Brit társaságokat sokszor emlegettek vádakkal kapcsolatban, melyeket az Egyesült Államok kormánya különböző amerikai testületek ellen emelt, hogy tudniillik termelést korlátozó nemzetközi egyezményekben vettek részt. A vádat Angliában természetesen tagadták és nincs rá mód, hogy az ügyet akár bírói úton, vagy más módon tisztázni

lehesse. Ha nincsenek is bebizonyított esetek, vannak nyilatkozatok tekintélyes személyektől, akiknek módjában áll tudni az igazságot. Például Sir Alexander Gibb 1937-ben a British Association műszaki osztályához intézett elnöki beszédében ezt mondja: „... Mint a tudományos kutatásoknál mindig, természetesen itt is az az eset, hogy minél nagyobb a kutatás sikere, annál közvetlenebb és drasztikusabb a meglévő üzemekre és berendezésekre gyakorolt hatása. Gyakran éppen itt van a bökkenő... sok értékes találmányt kapitalista érdekből felvásárolnak és elsüllyesztenek... Nem meglepő tehát, hogy nem mindig lelkesednek a korlátlan kutatás eszméjéért.” A vasutak egész különleges példával szolgálnak. Monopolisztikus helyzetük annyira szilárd, hogy nincs szükségük még arra sem, hogy a szabadalmakat megvásárolják; egyszerűen visszautasítják az új módszer vagy találmány bevezetését. Az angol kormány kinevezett egy bizottságot, hogy foglalkozzék a vasutak elektrifikálásával. A bizottság munkájának eredményét Mr. S. B. Donkin, a polgári műszaki intézet elnöke, így foglalta össze: „A bizottság 1935-ben közzétett jelentése szerint a bizottság egyhangulag a fővonalak teljes elektrifikálása mellett foglalt állást. Hangsúlyozta, hogy tévedésre vezetne, ha az ilyen elektrifikálást akár az ebben az országban már folyamatban levő külvárosi villamosítással, akár a fővonalaknak már sok külföldi országban megvalósult villamosításával hasonlítanók össze. A bizottság mindamellett úgy találta, hogy Angliában a vasutak jelenlegi állapotában a villamosítás a vasúti rendszer üzemi költségeit csökkentené, s ennél fogva lehetővé tenné, hogy az ország szénforrásait jobb hatásfok-

kal használjuk ki. Csökkentené a vonatok átlagos menetrend-szerinti menetidejét a fővonalakon. Az elektromos energia alkalmazásának ilyen nagymérvű kiterjesztése rendkívül kedvező hatással lenne az egyéb célokra fordított elektromosság költségeire is. És végül az elektromos rendszer tisztasága jó hatással lenne a városi lakosság egészségére és esztétikai érzékére, amit pusztán pénzben fel sem lehet becsülni... Szerencsétlen dolog, hogy a bizottság javaslatát a fővonalak teljes elektrifikálása tekintetében a mai napig sem fogadták el.“

Ezzel kapcsolatban az sem mellékes, hogy az ilyen jelenségek miatt a fejlődésnek elkerülhetetlenül egyre nagyobb nehézségekkel kell megküzdeni. Láttuk, hogy a nehézségek növekedésével a segélyforrások is szaporodnak, amelyek megadnák a módot azok legyőzésére. De hogy a célt elérhessük, a segélyforrásokat koncentrálni kell. A modern ipari kutatáshoz nagy, együttműködő személyzetre, nagy laboratóriumokra és költséges berendezésre van szükség. Megvannak az eszközeink, hogy ezekről gondoskodjunk, de jelenleg kizárólag a nagy, ipari monopóliumok tudják megfizetni az ilyen nagy személyzetet és felszerelést. (Természetesen kivéve, ha az állam átveszi a felelősséget.) Angliában tehát jelenleg az a helyzet, hogy a monopóliumok rendelkeznek a kutatásokhoz szükséges anyagi forrásoknak nagy részével, amelyek a technika további fejlődését biztosítják. Ugyanakkor azonban a monopóliumoknak az az érdekük, hogy ne nagyon támogassák az új találmányokat, különösen pedig az olyan alapvető találmányokat, amelyek az ipari módszereket forradalmasítják. Az amerikai kormány által kiadott iratban, melynek

címe „A nemzetközi kartellek gazdasági és politikai vonatkozásai“ ezt olvassuk: „A kartellek, melyek a termelési eredmény növekedését határok közé kívánnák szorítani, és szeretnének akadályt gördíteni minden olyan termelési eljárás kifejlesztése elé, mely az övéket pótolhatná és amely felett nem rendelkezhetnének, magától értetődően gyanakvó szemmel néznek minden új műszaki vívmányra. Olyan kutatásokra szívesen áldoznak, amelyek azt célozzák, hogyan lehetne régi árucikkeiket új célokra felhasználni; de új eljárások bevezetésének vagy új cikkek termelésének gyakran útjában állnak.“ Ez a magyarázata annak a ténynek, melyet már fentebb említettünk, hogy tudniillik a modern időkben a technikai eljárások *részleteit* érintő javítások száma gyorsan növekedett, míg az alapvető találmányok száma hanyatlóban van. Másszóval a nagy konszerneket mérhetetlen anyagi forrásaik arra köteleznék, hogy a feltalálásokra a legmesszebbmenő lehetőséget nyujtsák, mégis legtöbbszörre vajmi kevés ösztönzést éreznek arra, hogy segélyforrásaikat nagyobb technikai változtatások megvalósítására fordítsák. W. M. Grosvenor „A fejlődés magvai“ című cikkében számítással mutatja ki, mire vezetnek ezek a viszonyok. 1889 és 1929 között 75 nagyon fontos találmány közül csak 12 olyant találunk, melyet a monopóliumokban folyó kutatásoknak köszönhetünk. A többről feltehetjük, hogy többé-kevésbé szerencsés körülmények találkozása folytán jöttek létre, melyek a szükséges anyagi forrásokat más kezekbe juttatták.

Természetesen komoly problémát rejt magában az üzemi berendezések elavulásának kérdése. Egyes esetekben a közösségre nézve nem okvetle-

nül hasznos, ha a termelési módszereket túlságosan gyorsan változtatják. A régi berendezés kicserélése esetleg akkora veszteséget jelentene, hogy az új berendezés útján megnövekedett termelés nem tudná teljesen kiegyenlíteni. De felmerül a kérdés: ki határozza hát meg a létesítendő változtatások mértékét, az egész közösség-e, vagy pedig az a néhány ember, aki az ipari monopóliumokat irányítja?

Legalább három társadalmi tényező van tehát, amely arra törekszik, hogy korlátozza a legfejlettebb termelési módszerek alkalmazását és végül lelassítsa a találmányokban megnyilvánuló fejlődést. Az első a javak elosztásának hibás rendszere, amely létrehozza a javak eladása körül fellépő állandó nehézségeket és ennek folytán kevés ösztönzést ad fejlettebb technikai eljárások bevezetésére. A második a tömeges munkanélküliség, amely elveszi a feltalálók kedvét, akik félnek, hogy találmányukkal a még meglévő munkaalkalmakat is csökkentik. A munkanélküliség ezenkívül azért, hogy lenyomja a munkabéreket, gyakran olcsóbbá teszi emberi munkaerő alkalmazását az állandóan egyformán végbemenő munkákra, mint amennyibe kerülne önműködő gépek beállítása az ilyen munkák elvégzésére. A harmadik a monopólium, amely arra törekszik, hogy saját érdekeit még a haladás árán is megvédje. A fejlődést nem okvetlenül csakis ez a három tényező hátráltatja, de bizonyos, hogy ez a három a legfontosabbak közül való.

További bizonyítékok is vannak arra, hogy ezek a főokok. A 242. old. ábrán a legutóbbi évekre vonatkozó két görbét rajzoltunk. A szaggatott vonal az összes, ebben az időben készült találmányra vonatkozik; az összefüggő görbe vonal rajzolásánál

csak azokat a találmányokat vettük tekintetbe, melyek a Szovjetunió *kívül* jelentős mértékben használatba jöttek. Nem vettünk tehát tekintetbe olyan technikai vívmányokat, mint például a szén földalatti elgázosítása, a hidromechanikai szénfejtés, a gépesített gyapotszedés, az egyesített hő és erőtermelés, a sztereoszkopikus mozgófénykép stb., melyeket más országokban vagy egyáltalán nem, vagy csak kis mértékben vezettek be (lásd függelék 11.). A két görbe csak 1930 körül kezd különbözni egymástól, mert a Szovjetunió csak ezidőtájt heverte ki az 1914—18-as és az intervenciós háború határait, hogy a termelési módszerek fejlesztésében jelentős szerepet játsszék. Mivel a cári Oroszország egyetlen alapvető találmánnyal sem járult a haladáshoz, a görbe 1917 elé eső részén nem kellett változtatnunk. Rögtön észrevesszük, hogy a görbe, amely a Szovjetunió találmányait is feltünteti, 1930 és 1940 között körülbelül az előző csúcscérték magasságáig emelkedik, amelyet a nyolcvanas években ért el, és úgy látszik, mintha ezután is folytatni akarná meredek ívelését felfelé. A másik görbe azonban, amely nem tünteti fel azokat a találmányokat, melyeket csak a Szovjetunióban használnak, alacsony színvonalon marad. Így mutatkozik meg annak a jelentősége, hogy a Szovjetunió az első állam, ahol a társadalmi szerkezetet oly módon változtatták meg, hogy a javak hibás elosztása kiküszöbölődött, a munkanélküliség megszűnt és a privat monopóliumok uralmát az ipar felett eltörölték. Ez úgy látszik arra vall, hogy van kapcsolat e jelenségek és a feltalálási arányszám csökkenése között.

A második világháború eseményei ugyancsak ebbe az irányba mutatnak. Mivel ekkor a kormány

vette kezébe az irányítást, a helyi érdekeket nagymértékben alárendelték a Szövetségesek nemzeti szükségleteinek. A munkanélküliség eltűnt és a hadifelszerelés szükségessége megszüntette az adásvétellel kapcsolatos nehézségeket. Az eredmény, amint láttuk az lett, hogy az ipar rohamosan emelkedett az elérhető legjobb technikai színvonal felé, és több nevezetes találmány jelent meg. Lehetetlen pontosan megállapítani, hogyan változott a feltalálási arányszám a háború alatt. Egyáltalán semmit sem tudunk a Szovjetunióban keletkezett fontos találmányokról (ha ugyan voltak ilyenek), úgyhogy a szaggatott vonalat nem tudjuk folytatni. Értesüléseink valószínűleg még ahhoz sem elegendők, hogy a folytonos vonalat tovább rajzolhassuk. Mindamellet nem kétséges, hogy a relatív feltalálási arányszám nagyon gyorsan emelkedik az előző csúcsérték színvonalára felé vagy még annál is magasabbra (lásd függelék 12.). A háború eltávolította, legalább is egy időre, a társadalmi korlátozásokat, és a találmányok arányszáma azonnal felszökött előbbi színvonalára. Bizonyos, hogy a második ipari forradalom még nem ért véget.

Ennek a könyvnek nem az a célja, hogy útbaigazítást adjon annak a problémának megoldására, hogy a társadalmi feltételek milyen hatással vannak a technika fejlődésére. Csak leszögezi a tényeket (vagy egyes tényeket), s így módot ad az olvasónak, hogy a kérdés megoldásában szerepet vállaljon. A tények röviden a következők: A második ipari forradalom, ha még nem is ért véget, máris megmutatta nekünk az utat, hogyan lehet az egész emberiség számára jólétet biztosítani. Bizonyos társadalmi tényezők, amelyek a múlt században léptek fel, mindaddig késleltették e lehetőség valóra

váltását, és kivéve a háború éveit, mikor csaknem teljesen kiküszöbölték azokat, arra irányultak és irányulnak, hogy visszatartsák a második ipari forradalom előretörését. Ha meg akarjuk tenni az emberiség boldogsága felé azt a nagy lépést, melyet a második ipari forradalom lehetővé tesz, utat, módot kell találnunk, hogy úrrá legyünk a szociális problémák felett. Alig kétséges, hogy éppen úgy, ahogy sikerült fölébe kerekedni azoknak a társadalmi tényezőknek, melyek elmúlt korszakokban a haladást késleltették, ma is legyőzhetjük őket, és megvalósíthatjuk a jólét világát az egész emberiség számára,

FÜGGELEK

A relatív feltalálási arányszám

(1.) *Az összeállítás alapja.* A találmányok lajstroma a technika történetéből merített mintegy kétezer dátumot tartalmazó lajstromból indult ki, amelyet több forrásból állítottunk össze, hogy segítségünkre legyen a könyv megírásánál. E dátumok közül sok, gépek használatát illető statisztikára, találmányok születésének körülményeire, kisebb jelentőségű találmányokra, tökéletesítésekre vagy hasonló dolgokra vonatkozott. Az alább (2.) alatt közölt és (8.) alatt módosított „kiértékelési táblázat” összeállításánál felhasznált lajstrom csak alapvető találmányokat tartalmaz, amelyet a hosszabb lajstromból válogattunk ki. Nem egy olyan találmány is belekerült, amelyet a könyv szövege nem említ. Nyomatékosan hangsúlyoztuk az alapvetően fontos találmányokat, míg a tökéletesítéseket vagy módosításokat csaknem mindig mellőztük.

Ami a kiértékelést illeti, *egy* pontot adtunk azoknak a találmányoknak, amelyek az ipar nagy szektorára gyakoroltak hatást, ilyenek a szállítással kapcsolatos találmányok (példának okáért a vasutak); alapanyagok, mint például az öntöttvas; alapvető műszaki eszközök, például a gyalupad;

energiatermelés (Watt-féle gép) stb. Félpontot kaptak azok az alapvető találmányok, amelyek csak *egy* iparban fejtettek ki hatást, mint például a fonó jenny (szelfaktor) vagy a vetőgép. Valamivel csekélyebb fontosságú találmányok megfelelően kisebb pontszámot kaptak. Például sok, az első osztályba tartozó, kisebb jelentőségű találmány csak a második osztálynak megfelelő félpontot kapott. A (2.) és a (8.) lajstromon mindegyik pontszámot tízzel szoroztuk, hogy a törtszámokat elkerüljük.

Ami a keltezést illeti, a találmányok használatbavételének időpontját tekintettük mérvadónak. Rajzokról, tervekről, sőt modellekről nem vettünk tudomást (például még Leonardóéról sem), ha nem mentek át a gyakorlatba. Úgy határoztunk, hogy a lajstromba csak olyan találmányokat veszünk fel, amelyek közvetlenül vagy közvetve jelentékeny mértékben használatba kerültek. De még így is gyakran lehetetlen volt eldönteni, hogy egy találmány több módosulata közül melyiket tekintsük mértékadónak. Olyan esetek is vannak (például a vízikerekeknél), hogy egy találmány két fokozatban jött használatba. Így nem egyszer egyetlen találmányhoz tartozó pontszámot több időpont között kellett elosztani. Ezeket az eseteket a (2.) lajstromon úgy jeleztük, hogy a találmány leírása után egy vagy több dátumot zárójelbe tettünk, tudniillik azoknak a fokozatoknak dátumát, amelyek az illető találmány pontszámában osztoztak. A géppel hajtott szövőszék pontszámát például 1787 és 1821 között osztottuk meg. Nem egyszer, például az elektromos áramfejlesztő esetében, úgy látszott, hogy a találmány melynek pontszámát megosztottuk, a maximális *egy* vagy *fél* pontnál többet érdemel. Ezeknek többet is juttattunk.

Hogy melyik találmányt tekintsük alapvető találmánynak, azt természetesen nagyon sokféleképpen lehet meghatározni, és ezért feljegyeztünk néhány esetet, amelyeknél a nézetek valószínűleg leginkább eltérnek egymástól. A középkorban a vízierő különböző célokra való alkalmazását felvettük a lajstromba, viszont a tizennyolcadik és a tizenkilencedik században a gőzerő hasonló alkalmazásait nem vettük fel. Ezt a megkülönböztetést azért tettük, mert az első fontos lépés volt az általános gondolat kialakulása felé, hogy tudniillik a természeti erőt mindenfélére fel lehet használni, míg a második már csak gépierő alkalmazása volt egyes dolgokra, olyan időpontban, mikor ez a gondolat már közkeletű volt. A tizennyolcadik század végétől kezdve szigorúan mellőztünk minden olyan találmányt, amely ilyen címszó alá volt sorolható: „Egyik vagy másik különleges ipar gépesítése.” Ezt azért tettük, mert az ilyen találmány ritkán jelentette a fejlődés alapvető mozzanatát, hanem úgyszólván csak annak az elhatározásnak gyakorlatba való átültetését, hogy új munkaterületen alkalmazzunk gépeket. Bizonyára meghaladná erőnket, ha elejétől végig ki vetni akarnánk minden ipar gépesítésének folyamatát. Viszont ha egyes különleges eseteket választanánk ki, az csaknem biztosan részrehajló ítélethez vezetne, mert a különböző iparokat különböző időkben gépesítették. Így az utolsó másfél évszázad találmányai közül a lajstromra főképpen azok kerültek, amelyek vagy (a) alapvető területeken jöttek létre, mint például a szerszámgépek, szállítóeszközök, erőgépek, vagy pedig (b) azok, amelyek maguk teremtték meg a maguk külön iparát, mint például a rádió. Két kivétel van, a szénbányászat és a mezőgazdaság,

amelyeket besoroltunk, mert csaknem beleesnek az (a) csoportba. Más különleges iparokkal szemben ez utóbbiak besorolása nem torzítja el az általános képet, mert gépesítésük legalább két évszázad óta tart és még a mai napig sem ért véget. Az olyan iparoknál, mint például a textiliparok, amelyeknél a fő mechanikai találmányok a tizenharmadik században jelentek meg, a tizenkilencedik századra eső adatokat, melyek ez iparok történetét kiegészítik, ugyancsak besoroltuk.

Lajstromunkat a civilizáció főfolyamára korlátoztuk, amely Egyiptomból és Mezopotámiából indult el a bronzkorszakban és még korábban, aztán átvonult Görögországba és később Európába a vaskorszakban, és így elérkezett a mai világ-civilizációig. Azokat a találmányokat, amelyek például Kínában a nyugattal való közvetlen kapcsolat előtt jöttek létre szögletes zárójelbe tettük [], hogy bizonyos távlatot adjunk nekik. Kiértékelési pontszámot azonban ezek nem kaptak.

A találmányok részletezett lajstroma azokkal az eszközökkel kezdődik, amelyek a mezőgazdaság feltalálásával jártak együtt. A később sorra kerülő számvetés végett tudnunk kell ennél a pontnál a kezdeti kiértékelési pontszámot. Ezt öt pontban állapítottuk meg, ami az alábbi lajstromban, ahol mindent tízzel szoroztunk, 50-et jelent. Ez a szám persze nagyon önkényes, de arra az *ad hoc* feltételre alapítottuk, hogy azok a találmányok, melyek a földművelés megindulásakor vagy közvetlenül azután keletkeztek (nevezetesen a kapa, a sarló, a kézimalmos, a cséphadaró, az íjjal hajtott fűrő, a fűszekesség, a rokka, a szövőszék, köszörült és csiszolt szerszámok), de megelőzték a fémek kiolvasztásának feltalálását, nagyjából megkétszerezték az

ember mechanikai felszerelését. Ha ezt a kezdeti kiértékelési pontszámot megváltoztatnók, a 234. old. így változnék meg: ha a kiindulási pontszámot öt fölé emelnők, az ábra bal sarkában a görbe magassága a pontszám *emelésével* arányosan *csökkenne*. Az ábrán jobbfelé haladva ez a csökkenés azonban egyre kisebbé válnék, úgyhogy végeredményben a pontszám emelésével a régi korok fontosságát kisebbítenők. Ha a kiindulási pontszámot leszállítanók, az eredmény ellenkező lenne.

A dátumok Kr. e. 2750 előtt rendkívül bizonytalanok. Úgy választottuk meg őket, hogy legalább megközelítőleg megfeleljenek az ismert régészeti bizonyítékoknak, de ugyanakkor a görbének észszerűen síma menetet biztosítsanak. A lajstrom későbbi részeiben „c” azt jelenti, hogy „*körülbelül*”. Az „f” betű jelentése „*és a következő évek*”, az „s” azt jelzi, hogy *a fejlődés rendkívül fokozatosan ment végbe*, vagy hogy az évszámok rendkívül bizonytalanok, és az évszám, amelyet választottunk csak észszerű kompromisszum eredménye.

(2.) *A találmányok táblázata és a kiértékelési pontszámok.* (Hogy a törtéket elkerüljük, minden pontszámot tízzel szoroztunk.)

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. e
50	Kiértékelési pontszám a földművelés feltalálásáig.	5500— 4250
5	Kapa	
5	Sarló	
5	Kézi dörzsölő gabonaőrölő szerszám	
5	Merev cséphadaró	
5	Íjjal hajtott fúró	
5	Fazekasság	
5	Orsó	
5	Szövőszék	
5	Köszörült és csiszolt szerszámok	
5	Rézbányászati eljárások	4250— 3750
10	Rézkiolvasztás	
5	Rézművességi segédeszközök és eljárások	
10	Öntés	
3	Ezüstötövösség	
3	Ólomötövösség	
10	Kerekes járművek	3750— 3250
10	Eke	
10	Hám	
5	Fazekas korong	
3	Gémeskút	
10	Mérleg	
10	Bronz	3250— 2750
5	Fújtatók	
5	„Cire perdu“ öntési eljárás	
15	Többféle kézműves szerszám	
5	Edénylánc	
5	Építészeti technikai eljárások, mint a piramisoknál	

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. e.
2	Küllős kerék	c. 1800
3	Vaskiolvasztás (1100)	s. 1400
5	Hengerkerék	s. 1300
7	A vas tényleges használata el- kezdődik (1400)	c. 1100
	Tökéletesített és változatosabb kézműves és földműves szer- számok: pontszám 10, követ- kezőkép elosztva: 700,1; 650,2; 600,3; 550,2; 500,2.	
10	Csiga	c. 700
5	Forgatható kézimalom	c. 605
—	[Kínai szövőszék]	c. 550
5	Birkanyíró-olló	c. 500
2	Emelőkaros sajtó	s. 500
2	Építészeti felszerelés, kezdetle- ges emelődaruk, stb. 200	c. 450
5	Állati erővel hajtott daráló	c. 450
3	Állati erő általánosabb hasz- nálata bizonyos korlátok kö- zött. Kr. u. 1225	s. 400
5	Archimédeszi csavar	s. 250
3	Tökéletesebb emelődaru (450)	s. 200
5	Nehéz eke	s. 200
5	Szegverő üllő	s. 200
5	Dróthúzó tömb	s. 150
5	Állati erővel hajtott edénylánc	c. 150
5	Mechanikai kút	c. 150
5	Ácsgyalu	s. 100
10	Vízimalom	s. 80
5	Csavaros sajtó	s. 50
2	Csigasoros kötéllel felszerelt hajó	s. 25
—	[Kínai hám]	s. 0

Kiértékelési pontszám	A találmány	Datum Kr. u.
2	Felülcsapó vízikerek korlátozott használata (1350)	s. 475
—	[Tömbnyomtatás Kínában]	s. 550
—	[Kengyel, Kína]	s. 650
5	Modern nyerges lószerszám Európában	s. 850
10	Patkó	c. 900
—	[Perzsa szélmalom]	s. 950
5	Modern vontató lószerszám Európában (1200)	s. 950
—	[Mozgatható betűk nyomtatásához, Kína]	1041
5	Sarokpántos cséphadaró	s. 1050
10	Európai szélmalom	c. 1105
2	Betűsablon fából nagybetűk számára Európában (1289)	1147
3	Vízierővel való kallózás	s. 1150
3	Vízierővel működő zúzómalom	s. 1150
5	Mágneses iránytű	1195
3	Vízierővel való fűrészelés	s. 1200
3	Vízierővel működő billenő kalapács	s. 1200
5	A lószerszám teljesen kialakul (950)	s. 1200
7	Az előbbi találmány következményeképpen az állati erő nagyobb mérvű felhasználása (Kr. e. 400)	s. 1225
5	Mechanikus óra	1232
5	Modern típusú eke	s. 1250
4	Taliga	s. 1250
10	Modern kormánylapát	s. 1250
5	Selyem mechanikus lefejtése és sodrása	1272
3	Tömbnyomtatás Európában (1147)	1289
3	Vízierővel működő fűjtató	1295

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u.
5	Rokka	1298
5	Zsilipek	s. 1300
3	Vízierővel hajtott kőszűrűkő	s. 1310
3	Vízierővel működő kovács- pöröly	s. 1320
5	Tökéletesített óra-szabályozó- szerkezet	1348
10	Esztergapad	s. 1350
3	Felülosapó vízikerek kiterjed- tebb használata (475)	s. 1350
5	Dróthúzógépek	c. 1350
1	Tökéletlen mozgatható betűk, Európa (1450)	1381
—	[Fémbetű, Korea]	1390
10	Öntöttvas	s. 1400
5	Förgattyús mozgás	s. 1400
2	Hengermű (1700, 1784)	s. 1425
4	Tökéletesített, mozgatható be- tűk, Európa (1381)	1450
5	Rúgós óra	c. 1490
5	Városok erőművi vízellátása	c. 1500
5	Tökéletesített fonógép, szár- nyas orsóval és pedállal	1530
5	Sínpályák bányákban	1546
3	Erőművi hengermalom	s. 1550
5	<i>A De Re Metallica</i> -ban felső- rolt gépek	s. 1550
5	Csavarvágó eszterga	s. 1550
5	Csúcseszterga	s. 1550
1	Szalagszövőszék (1621)	1579
5	Tornyos szélmalom	s. 1580
5	Kötőgép	1589
5	Cementált acél	1614
4	Szalagszövőszék (1579)	1621
2	Ingaóra (1661)	1641
1	Worcester gépe	s. 1650
5	Hajszálrúgó	1658

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u.
3	Huygens tengerészeti órája (1641)	1661
3	Merülő-dugattyús szivattyú	1675
1	Centrifugál szivattyú (1818)	1680
2	Ankergátló (1715)	1680
3	Savery gőzgép	1698
2	Polhelm tökéletesített henger- műve (1425, 1784)	s. 1700
2	Polhel mkezdetleges tömeggyár- tási eljárása	s. 1700
5	Vezetőcsavaros csúcseszterga	c. 1700
5	Nedves homoköntés	1708
5	Newcomen gépe	1712
3	Utórezgés nélküli gátló, óránál (1680)	1715
10	Fémkiolvasztás koksszal	s. 1717
1	Vetőgép (korlátolt használat, nem modern típus (1782)	s. 1730
1	Newcomen gépének forgó moz- gásra való használata vízi- kerék közbeiktatásával	1732
5	Repülő vetélő	1733
5	Fonás görgőkkel	1738
5	Öntött acél	1740
5	Kezdetleges siklőszán, esztergá- nál	1741
5	Automatikus szalagszövőszék	1745
5	Kártológép	1748
3	Legyezőszárny szélmalomhoz	1750
5	Jól bevált kronométer	s. 1766
5	Fonó Jenny	1768
5	'Arkwright vízierővel működő szövőgépe	1769
5	Watt első szabadalma (1776)	1769
5	Wilkinson tökéletesített henger fúrója	1775

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u
2	Lángvisszaverő keverőkemence (1784)	1776
5	Watt első gépe (1769)	1776
5	Crompton „öszvér“ nevű fonó- gépe	1779
2	Kompound-gőzgép (1804)	1781
10	Watt forgómozgású gépe	1781
4	Vetőgép (1730)	1782
5	Watt kettős működésű expan- ziós gőzgépe	1782
5	Léggömb	1783
5	Gyapotnyomtató gép	1783
2	Cort tökéletesített hengerműve (1425, 1700)	1784
3	Tökéletesített keverési eljárás lángvisszaverő kemencében (1776)	1784
1	Cserélés elvén alapuló tömeg- gyártás megkísérlése (1800)	1785
5	Az első valóban használható cséplőgép (Meikle)	1786
2	Cartwright gépi erővel hajtott szövőszéke (1821)	1787
2	Miller és Symington gőzhajója (1802, 1807)	1788
5	Gyapottisztító-gép	1793
10	Maudslay tökéletesíti az esz- tergapadot	1794 f.
5	Hidraulikus sajtó	1796
2	Trevithick országúti lokomo- tívja (1825)	1797
5	Középcensapó vízikerek	s. 1799
9	Whitney cserélhetőség elvén alapuló tömeggyártása (1785)	1800
3	„Charlotte Dundas“ hajó (1788, 1807)	1802
5	Magasnyomású gőzgép	1802

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u.
1	Trevithick síneken mozgó gépe (1811, 1814, 1829)	1803
3	Újra bevezetik a compound- gépet (1781)	1804
5	Jacquard szövőszék	1804
5	Fulton „Clermont“ hajója (1788, 1802)	1807
3	A vasúti lokomotív jelentékeny fejlődése (1803, 1814, 1829)	1811
2	Stephenson első mozdonya (1803, 1811, 1829)	1814
4	Centrifugál-szivattyú elterje- dése (1608)	1818
10	Marógép	1818
5	Külpontos befogású eszterga	1818
10	Gyalugép	s. 1820
1	Thomas de Colmar-féle első gyakorlatilag használható számológép (1892)	1820
3	Horrock tökéletesíti a géppel hajtott szövőszéket (1787)	1821
1	Brown belsőégésű gépe, az első, melyet gyakorlati haszná- latra szántak (1838, 1860, 1867, 1876)	1823
3	Gyakorlatban bevált gőzkocsik (1797)	c. 1825
5	Automatikus fonó „öszvér“	1825
1	Bell aratógépe, az első, mely (mérsékelt) sikerrel járt (1831, 1834)	1826
10	Víziturbina	1827
5	Kohóban való kiolvasztás	1828
4	„Rocket“ (1803, 1811, 1814)	1829
5	Körfonógép	1830
1	Manning aratógépe (1826, 1834)	1831

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. n.
1	Villamos csengő	1831
1	Pixii elektromos áramfejlesztője (1835, 1845, 1865, 1870, 1882, 1883)	1832
3	McCormick aratógépe (1826, 1831)	1834
5	Ejtőkalapáccsal való kovácsozás, kokillaöntés stb. első alkalmazásai	c. 1835
2	Kommutátor (1832, 1845, 1865, 1870, 1882, 1883)	1835
2	Colt forgópisztolya	1835
5	Hajócsavar	s. 1836
10	Távíró	1837
1	Barnett gázmotorja (1823, 1860, 1867, 1876)	1838
5	Gőzkalapács	1839
5	Gyakorlatilag használható ivólámpa	1844
2	Elektromágnesek generátorokban (1832, 1835, 1865, 1870, 1882, 1883)	1845
5	Körforgó nyomdagép	1845
10	Revolvereszterga	c. 1845
5	Howe varrógépe	1846
5	Sűrített levegő alkalmazása a bányászatban	1849
5	Kábelrel húzott ekével való szántás	1850
5	Fésülőgép (textilipar)	1850
2	Hengeres csiszoló (1864)	c. 1850
5	Gépi vagy lőerőre egyaránt alkalmas gereblye, szénagyűjtéshez	c. 1850
1	Az első igazi tárcsatípusú szénfejtőgép (1686, 1875)	1852

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u.
5	Gyakorlatilag használható kukoricavetőgép	1853
2	Alumíniumgyár (1886)	1855
10	Bessemer-acél	1856
1	Az első rúdtípusú szénfejtő (1885, 1895)	1856
5	Vetőgép	1856
2	Az első bevált gázmotor, Le- moir (1823, 1838, 1867, 1876)	1860
1	Kombájn aratógép (1875)	1860 f.
5	Univerzális marógép	1861
2	Gépfegyver	1861
3	Az első kereskedelmileg bevált csiszológép (1850)	1864
2	Tökéletesített dinamógép-teker- eselés (1832, 1835, 1845, 1870, 1882, 1883)	1865
5	Nyílt kemence-acél (Siemens- Martin)	1867
2	Korai típusú Ottó-féle gázmo- tor (1823, 1838, 1860, 1876)	1867
5	Kombájn vetőgép	1867
5	Gyakorlatilag bevált írógép	1868
1	Meglehetősen bevált szénfejtő- korong (1852, 1875)	1868
1	Korai „Gyro tiller“ (1930)	1868
1	Az első gyakorlatilag használ- ható lánc típusú szénfejtő (1901)	1869
2	A hűtőgép kezd használatba- jönni (1873)	c. 1870
10	Automatikus esztergapad	s. 1870
2	Gramme-féle gyűrűs armatúra (1832, 1835, 1845, 1865, 1882, 1883)	1870
5	Elektromos kemence acélgyár- táshoz	1870

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u.
10	Mushet szerszámacélja	1871
3	Linde ammónia-kompresszióval működő hűtőgépe (1870)	1873
3	Az első petróleummotor (1885)	1873
3	Lényegében modern korong- típusú szénfejtő (1852, 1868)	1875
4	A kombájn aratógép elterjed (1860)	c. 1875
4	Ottó „Silent“ gázmotorja (1823, 1838, 1860, 1867)	1876
10	Telefón	1876
5	Lúgos Bessemer-eljárás	1877
1	Fonográf (1887)	1877
1	Benz gépkocsija (1889)	1878
5	Lúgos nyitott kemence-eljárás	1878
5	Kéveköttő aratógép	1878
5	Elektromos izzólámpa	1880
5	Utcai villanyvilágítás	1881
4	Csaknem tökéletes elektromos generátor (1832, 1835, 1845, 1865, 1870, 1883)	1882
2	Ötvöztött acélok csak fegyverek számára (1910)	f. 1882
1	Szénkefe generátorokhoz (1832, 1835, 1845, 1865, 1870, 1882)	1883
10	Gőzturbina	1884
7	Daimler benzinmotorja (1873)	1885
3	Duprez úttörő munkálatai nagy távolságra való elektromos erőátvitelhez (1887, 1889)	s. 1885
1	Tökéletesített rúdtípusú szén- fejtő (1856, 1895)	1885
3	Elektromosság, bányászatban	1885
5	Nehézolajjal működő motor ki- fejlődése	c. 1885
5	Elektromos hegesztés	1886

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u
5	Elektrolitikus alumínium (1855) .	1886
3	Többfázisú elektromos áram (1885, 1889)	1887
1	Automata telefon (1920)	1887
4	Gramofón és kisegítő eljárások (1877)	1887
5	Dunlop gumiabroncs (pneuma- tik	1889
4	Gépkocsi (1878)	1889
4	Ferranti magasfeszültségű ge- nerátora (1885, 1887)	1889
1	Belsőégésű motorral hajtott traktor (1914)	1890
5	Többorsós eszterga	s. 1890 f.
4	Diesel fősza badalma (1897)	1892
5	Northrop-szövőszék	1892
4	Brunsviga-számológép (1820)	1892
5	Elektromos kemencében előállí- tott csiszolóanyagok	1893
5	Linde cseppfolyós levegőt elő- állító készüléke	1895
5	Mozgófénykép	s. 1895
3	Lényegileg modern rúd típusú szénfejtő (1856, 1885)	1895
10	Szikratávíró	1896
3	Szénaforgató-gép	1896
5	Turbina	1897
6	Diesel első motorja (1892)	1897
10	Gyors szerszámacél	1898
5	Tengeralattjáró	s. 1898
1	Flessenden rádiótelefonja (1914, 1918, 1920)	1900
5	Zeppelin léghajója	1900
5	Oxigén lángvágó és hegesztő	s. 1900
1	Mágneses hangfelvétel (1924, 1933)	1900

Kiértékelési pontoszám	A találmány	Dátum Kr. u.
5	Pneumatikus szénfejtő-véső	1901
4	Sodróláncos szénfejtő, modern típus (1869)	1901
5	Kaparókanalas szállító, bányá- szatban	1902
5	Claude cseppfolyós levegő be- rendezése	1902
10	Repülőgép	1903
3	Irányváltós, oldalra rakó szénagyűjtő	1903
1	Primitív szénlapátológép (1922)	1903
5	Thermoionos cső (1906)	1904
5	Szállítószalag, bányában	1905
5	Három elektródás elektronső (1904)	1906
1	Lauste „hangosfilm“ szaba- dalma (1923, 1928)	1906
2	Drótnélküli képtávíratkozás (1926)	1907
3	Rádió útján való irányítás	1907
5	Termithegesztés	1908
5	Duralumínium	1909
3	Ötvözött acél általános haszná- lata (1882)	c. 1910
1	Kezdetleges televízió (1926, 1937)	1911
10	Tömegtermelés futószalagon	1913 f.
5	Rostatípusú vivőszalag bányá- ban	1913
1	Az első hidraulikus szénfejtés (1936)	1913
4	Traktor elterjedése (1890)	c. 1914
2	Rádiótelefon a gyakorlati meg- valósulás útján (1900, 1918, 1920)	1914
5	Magnézium előállítása tenger- vízből	1915

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u.
5	Tank	1916
2	Központos befogás nélküli „centreless“ csiszolás (1928)	1916
5	Különböző repülőgéptökeletesí- tések a háború alatt	s. 1916
5	Különböző rádiótökeletesítések a háború alatt	1916
5	Gépműhelyek különböző irá- nyú fejlesztése a háború alatt	s. 1916
4	A rádiótelefon bevezetése (1900, 1914, 1920)	1918
3	Handley-Page	1919
3	Rádió műsoradás (1900, 1914, 1918)	1920 f.
5	Centrifugál öntés	1920
4	Automatatelefon használatba jön (1887)	1920
4	A szénlapátológépet alkalmazni kezdik (1903)	c. 1922
5	Szivattyúnélküli abszorpció hűtőberendezés	1923
3	De Forest hangosfilm-szaba- dalma (1906, 1928)	1923
5	Irányított rádió	1924
3	Hangfelvétel gramofon szá- mára, elektromos úton	1924
2	Stille mágneses hangfelvevője (1900, 1933)	1924 f.
2	Változtatható beállítású lég- csavar, első szabadalom (1934)	1924
5	Autogyro	c. 1925
10	Wolframkarbid-szerszámok	c. 1926
3	Rádió-képleadás tengeren- túlra (1907)	1926
3	Baird televíziós készüléke (1911, 1937)	1926

Értékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u.
2	Minőségi ellenőrzés kezdet- legesebb formája (1941)	1926 f. 2.
3	„Centreless“ csiszoló általános használatba jön (1916)	c. 1928
1	Első hangosfilm (1906, 1923)	1928
4	Modern gyro-tiller (1868)	c. 1930
2	Tökéletesített mágneses hangfelvétel (1900, 1924)	1933
1 U	A sztereoszkopikus mozgó- fénykép primitivebb formája (1938)	1934
3	Az állítható légesavar prob- lémáját megoldották (1924)	c. 1934
3	A gázturbina terén némi haladás mutatkozik (1939)	c. 1935
7 U	Egyidejű hő- és elektromosság- termelés	s. 1935
2	Első kísérletek radarral (1940, 1943)	1935
3 U	Gyapotszedőgép (csak részben vált be)	1936
4	Hidraulikus szénfejtés (1913)	1936
1	„Emitron“ televízió (1911— 1926)	1937
2	Kombinált szénfejtő- és lapá- tológép (értéke még bizony- talan)	c. 1937
5 U	Hidromechanikus bányászás	1937
3	Whittle bevált lökhajtásos gépe (1941)	1937
1	A repülőbomba gépének elve (1943)	1938
3	Többé-kevésbé bevált helikop- ter (1941)	c. 1938
5 U	Földalatti szénelgázosítás	c. 1938
4 U	Tökéletesebb sztereoszkopikus mozgófénykép (1934)	c. 1938

Kiértékelési pontszám	A találmány	Dátum Kr. u.
7	A gázturbina jelentékeny fejlődése (1935)	1939
5 U	Kapitza turbinás hűtőkészüléke	c. 1939
3	A radar továbbfejlődik (1935,	
7	1943)	1940
	Helikopter, teljes siker (1938)	c. 1941
7	Lökhajtásos (rakéta) repülőgép (1937)	1941
8	A minőségi ellenőrzés teljes ki- fejlődése (1926)	c. 1941
	Repülőbomba-motor (1938)	1943
5	A radar kiterjedt alkalmazása 1935, 1940)	c. 1943
10	Az atomenergia fölszabadítása	1943

A huszadik század adatainál bizonyos kiigazítások történtek, hogy kiegyenlítsék a tévedéseket, melyek az ilyen lajstromozással együtt járnak. Ezeket a függelék (8.) pontjában megmagyarázzuk. A (11.) pontban megtaláljuk az egyes kiértékelési számok után írt U betű jelentését.

(3.) *A lajstromból levont következtetések jelentőségének bírálata.*

A lajstrom legszembeötlőbb gyengesége az, hogy nem teljes. Eltekintve a szerző saját ismereteinek hiányosságától, a technika történetében sok kritikus pont van, melyeket a történettudósok és a régészek még nem derítettek fel. Elképzelhető volna az is, hogy a hiányok annyira rendszerezsek, hogy a 234. és 242. old. ábra általános alakját kérdésessé teszik, úgyhogy az ábrákból vont következtetések értéktelenné válnak.

De a görbe legtöbb pontján csak nagyon sok és súlyos hiánynak volna jelentős hatása, és nem

valószínű, hogy ilyen kihagyások előfordultak. Van azonban két hely, ahol a veszély elég nagy ahhoz, hogy a dolog jelentőssé váljék: I. A vaskorszakban, a római időkbe való átmenetnél, ahol a régészeti kutatások nem olyan alaposak mint a bronzkorszakban. A függelék (6.) pontjában megjegyeztünk egy különösen kétséges esetet. II. Az utolsó félévszázadban, ahol a kellő távlat hiánya miatt nem tudhatjuk, hogy mely találmányok mellőzése okozhat komoly hibát. Itt tehát különösen óvatosak voltunk, mint ezt a (8.) pontban le is írtuk. Igen nagy nehézséggel jár olyan találmányok értékének összehasonlítása, amelyeket mondjuk egy évezred vagy még hosszabb idő választ el egymástól. Azonkívül a Kr. e. 5500-ra felvett kiindulási kiértékelési pontszám, amint már (1.)-nél említettük, szintén befolyásolja a görbe relatív magasságát egymástól nagyon távol eső időpontokban. Ezért azokat a következtetéseket, amelyeket a 232. old. ábra görbéje egymástól távol eső időpontokban elért relatív magasságából levontunk, kellő óvatossággal kell fogadnunk. Az időrendben egymáshoz közel álló találmányok összehasonlításánál fellépő nehézségek már sokkal kisebbek. Így például az a tény, hogy a görbe egy bizonyos pontban emelkedik vagy süllyed, vagy hogy *milyen gyorsan* emelkedik vagy süllyed, több mint valószínű, hogy nincs minden jelentőség nélkül; valamint az sincs, hogy a görbe egy vagy két évszázadon belül eső különböző időpontokban milyen viszonylagos magasságot ér el. A görbe ilyen sajátágaiból levont következtetések tehát súlyosabban esnek latba. Ez utóbbi megfontolásokra kevés hatással van, hogy a Kr. e. 5500-as időpontban milyen kiértékelési pontszámmal indultunk el.

(4.) A 234. old. ábra a $100 \frac{d}{dt}(\log y) = 100 \frac{dy}{dt} / y$

függvény grafikonán az idő t , a független változó és y a találmányok kiértékelési pontszáma a t időpontig. A görbét kisimítottuk, hogy kiküszöböljünk olyan kipúposodásokat és mélyedéseket, amelyek nem látszóttak jelentőseknek és csupán a feltalálással kapcsolatos elkerülhetetlen véletleneket jelképezik, vagy olyan helyeket, ahol a dátumok nem pontosan ismeretesek.

(5.) A könyv szövegében (5.)-tel jelzett állítás természetesen csak akkor áll fenn, ha a növekedés törvénye úgy szól, hogy a kiértékelési pontszám növekedési sebessége $\frac{dy}{dt}$, arányos a kiértékelési pontszámmal y -nal. Persze arányos lehetne y^2 -tel vagy $\sqrt{y}$ -nal stb. De a $\frac{dy}{dt} = \alpha y$ egyenletben kifejezett törvény a növekedés legegyszerűbb törvénye, és rendszerint ezt tételezik fel valóságosnak, ha nincs bizonyíték az ellenkezőre. Hogy valóban ez a tényeknek megfelelő törvény, amelyre a feltalálási arányszám elemzésénél támaszkodhatunk, erre nézve további bizonyítékul szolgál az a tény, hogy a 234. old. ábrán 1700-as időpont előtt a két fő csúcsérték, amely a haladás legkevésbé korlátozott időszakait képviseli, nagyjából egyenlő magas.

(6.) A görbének E-nél való lesüllyedése a grafikon legkétségesebb pontja. Kr. e. 400 és 300 között nem tudunk egyetlen fontos találmányról sem. Ez a korszak azonban régészetileg még nincs jól átkutatva. Nem valószínű ugyan, hogy bővebb ismeretek a görbe süllyedését az E pontnál teljesen kiküszöbölnék, de lehetséges, hogy csökkentenék.

(7.) Ha a kiértékelési táblázatunkból kiszámított számértékeket szószerint értelmezzük, akkor ezt a süllyedést még sokkal élesebbre kellene vennünk. Ekkor I-nél a maximum 120, és J-nél a minimum 0,031 lenne, és I és K között a görbe hevesen ingadoznék. A lajstrom részletes vizsgálata azonban azt látszik jelezni, hogy a süllyedést véletlen tényezők nyomatékosabbá tették, úgyhogy legjobb, ha kellő óvatossággal értelmezzük, ahogy azt grafikonunkban tettük is. Az azonban a számításokból egész világosan kiderül, hogy a relatív fel-találási arányszám az ingadozás után, éppen az 1700-as időpont táján, gyorsan és határozottan a magasba szökik.

(8.) Különleges nehézségek lépnek fel, ha biztosítani akarjuk, hogy találmánylajstromunk helyesen adja vissza az utolsó 50 év történetét. Mikor a szövegben említett hanyatlás nyilvánvalóvá lett, a modern idők találmányainak kiértékelését különösen „nagylelkű” alapra helyeztük, abból a célból, hogy biztosítsuk a modern időkkel szemben tanúsított előítéletnek, ha ugyan egyáltalán van ilyen, az általunk leszűrt következtetésekkel való ellentétességét, másszóval, hogy a következtetések kiállják azt a próbát, hogy a bizonyítékok erősen ellenük szólnak. Ezért aztán olyan tételek, mint a hidraulikus szénfejtő, elektromos gramofonhangfelvevő és a különböző mágneses hangmegörökítő eljárások kiértékelési pontokat kaptak, noha nagyon is kétséges, hogy az alapvetően fontos találmányok közé kell-e őket sorolnunk, abban az értelemben, ahogy az „alapvetően fontos” kifejezést korábbi időszakok találmányaira nézve értelmeztük.

I r á n y z a t

Kértéke- lési pont- szám összege	A pontszámok elosztása				
	1900—10	1910—20	1920—30	1930—39	1939—44
15	—	1	3	8	3
10	—	3	2	2	3
15	2	3	3	3	4
5	—	1	1	2	1
10	1	1	3	3	2
5	—	—	2	2	1
60	3	9	14	20	14

Hozzájárul még ehhez, hogy a modern időkben számos irányzat van, amely nem a szó szoros értel-
mében vett találmányokban jut kifejezésre, hanem
inkább a meglévők fokozatos tökéletesítésében.
Minthogy ez részben annak a jele, hogy a haladás

feltételei megváltoztak, és mivel ezek közül az irányzatok közül némelyik a távolabbi jövőben olyan hatásokat vált majd ki, amelyek alapvető találmányokkal egyenértékűek, úgy éreztük, hogy engedményeket kell tennünk nekik. Ez meg is történt olyanformán, hogy, amint a fenti táblázat mutatja, minden egyes irányzatnak kiértékelési pontszámokat adtunk és azokat az 1900—1944-ig terjedő időszakra osztottuk el, mégpedig úgy, hogy legjobban megfeleljünk az általános benyomásnak, melyet az irányzatok ránk gyakorolnak. Az így kapott pontszámokat hozzáadtuk a (2. főtáblázat pontjaihoz, mielőtt a modern időkre vonatkozó relatív feltalálási arányszámot kiszámítottuk.

A 242. old. ábrán a görbét kisimítottuk, hogy eltüntessük a kisebb csúcsokat és völgyeket, melyeknek nincs jelentőségük. De ebben az esetben valóban kevés simításra volt szükség, és 1870 után a görbe ténylegesen átmegy minden ponton, amelyet tízéves időszakonként számított relatív feltalálási arányszám alapján vettünk fel.

(9.) Megjegyzendő, hogy a görbe alakjára nézve kevés különbséget okoz, ha olyan rövid időszakban, mint 150 év a *relatív* feltalálási arányszám helyett az *egyszerű* feltalálási arányszámot $\frac{dy}{dt}$ -t ábrázoljuk. Az egész görbe jobbkéz felé kissé feljebb tolódik. Az 1900-as év után mutatkozó súlyledés valamivel kevésbbé lesz kifejezett, de azért éppen olyan szembeszökően valóságos marad. Ezt azért hangsúlyozzuk, nehogy valaki azt higgye, hogy a hanyatlás 1900 után onnan származik, hogy a *relatív* feltalálási arányszámmal számoltunk.

(10.) Az iratok között, melyek megállapítják, hogy a feltalálások az újabb időkben hanyatlanak, találjuk C. C. Furnas könyvét: „A legközelebbi száz esztendő“ (London, 1936), az USA kormányának iratát: „Technológia gazdasági életünkben“ (Washington, 1941), Corrington Gill könyvét (mely kevésbé határozott) „Munkanélküliség és technológiai átalakulás“, egy másik USA kormányiratot, G. Sarton könyvét: „Tanulmány a tudomány történetéről“. Ez utóbbi hasonló következtetésre jut általában a tudományra nézve, de inkább csak tapogatózva és, úgy véljük, kevésbé helytálló bizonyítékok alapján.

(11.) A kiértékelési pontszámokat, melyeket a 242. old. ábra szaggatott vonalánál használtunk, de az összefüggő vonalnál nem, a (2.) táblázatban U-betűvel jelöltünk meg. Hangsúlyozzuk, hogy itt nem a találmány *helye* érdekel bennünket, hanem csak az a kérdés, hogy használják-e jelentős mértékben. Az olvasó, ha érdekli a dolog, ugyanilyen összehasonlítást készíthet Anglia és a világ többi része között, az 1640-től 1800-ig terjedő időszakban. (Ebben az esetben a feltalálás helye a könyvben felhasználható kritérium.) Ez még szembe-szökőbb példát szolgáltat arra, hogy mennyivel erőteljesebben fejlődik a technika olyan országban, amely a többit megelőzve megfelelő szociális változásokat hajtott végre.

(12.) Noha a háborús idők összes találmányai, amelyeket feljegyeztünk, 1943-ból vagy korábbról valók (az atombombát ugyan később, 1945-ben dobták le, de az atomenergia felszabadítása már 1943-ban megvalósult), számításunk alapjául mégis azt vettük, hogy ezek a találmányok az 1939-től 1944-ig terjedő időre, azaz öt esztendőre esnek. Ha

az időszakaszt négy évre csökkentjük, a relatív feltalálási arány 1941-ben körülbelül 0,94-ig emelkedik.

A grafikon hasonló, bár kevésbé kifejezett tendenciát mutat a feltalálási arányszám süllyedésére, s ez a tendencia az első világháború idején megszűnik. Bár az 1914—1918-as háború említésre méltó fejlődést hozott az alkalmazott tudomány bizonyos területein (például a vegytanban és a sebészetben), eredményei azonban korántsem olyan jelentősek, mint az 1939—1945-ös háborúé, különösen mechanikai dolgokban. Még azok a mechanikai vívmányok is, amelyek a hanyatlást megállítani igyekeztek, nem annyira új találmányok voltak, mint inkább olyan dolgok gyors kifejlesztése, mint a repülés vagy a rádió, ami ugyan a valóságban felér eredeti találmányokkal. Hogy az első világháború miért volt olyan sokkal kisebb befolyással a feltalálások arányszámára, annak egyik oka kétségtelenül az, hogy az első háború idején a magánérdekeket sokkal kisebb mértékben rendelték alá az egész nemzet érdekének.

JEGYZETEK

¹ A sarló ősi formája, az egyenes aratókés, kevés-
sel a mezőgazdaság kibontakozása előtt jelent meg.
Elhető füveket vágtak le vele, melyeket nem az ember
vetett. Hasonlóképpen a kapa őse a mezolitikus korból
való ásóbot volt. A mozsarat és a mozsártörőt, amelye-
ket a paleolitikumbeli ember más célra használt, gabona
őrlésére használták, csakúgy, mint a kézimalmot.

² Ez különösen áll Egyiptomra. Mezopotámiában
2500-ban Kr. e. gyakran készítettek sarlókat bronzból.

³ A Kr. e. 3000 előtti idők társadalmi szerkezetéről
nincs közvetlen tudomásunk, de ezek a leírások, ame-
lyek az akkori időkből fennmaradt házmaradványok,
szerszámok stb. és a mai időkben élő hátramaradt népek
nyilván hasonló társadalma alapján készültek, kell
hogy közel járjanak az igazsághoz. Persze túlságosan
le vannak egyszerűsítve és sematizálva, éppen úgy,
mint a később bekövetkezett átalakulások leírása is.

⁴ A középamerikai Yukatan félszigeten lakó mayak
más népektől függetlenül olyan civilizációt értek el,
amely sok tekintetben hasonló a keleti bronzkorszaki
civilizációhoz, csak fémeket nem használtak. Ez mu-
tatja, hogy a fémek nem lényeges kellékei bizonyos
alacsonyfokú civilizációnak

⁵ E mezőgazdasági termékek feldolgozása nagy be-
folyással volt a klasszikus időkben a gépek fejlődésére.
Egy olajzúzógépet már említettünk. A korai társa-
dalmaiban, amelyek, főképpen közvetlen házi fogyasztá-
sra, bort termeltek, a fűrtök kisajtolása nagyon
durva módon történt. Zsákba tették a fűrtöket, és a
zsákot két végénél fogva megcsavarták. De a görögök,
kiterjedt borkereskedelmük miatt, különleges sajtókat
találtak fel. A gerendás sajtó, hosszú fejlődés után,

Kr. e. 200-ban megállapodott formát nyert. A már fejlettebb csavaros sajtó (mint a mai könyvprések) a Kr. e. első században jelennek meg.

⁶ Erőgép olyan készülék, amely valami természetes energiaforrást mechanikai energiává alakít és ezzel valami munkagépet hajt. Ilyen erőgépek pld. a vízierék, gőzgép, nyersolajmotor stb.

⁷ Ez, lehet, hogy nem szigorúan igaz. A bizánci Philo, egy olyan edényláncra hivatkozva, mint amilyent fentebb említettünk, ezt mondja:a készüléket a folyóvíz felszíne alatt olyan szinten kell felállítani, hogy a víz ereje hajtja az egész szerkezetet". Nem derül ki, hogy Philo egy ténylegesen használt gépről beszél-e, vagy csak a saját ötletét mondja-e el, és ha ez az utóbbi eset áll fenn, vajjon az ötletet átültették-e a gyakorlatba. Mindenesetre megvan a lehetősége annak, hogy edénylánc hajtására alkalmilag már a harmadik században Kr. u. vízierőt használtak. Ettől eltekintve a Kr. u. negyedik század előtti időkből származó vízierőre vonatkozó minden értesülésünk gabonaörléssel kapcsolatos. A szivattyút, ellentétben más szerkezetekkel (mint pld. az edénylánc és az archimédeszi csavar), először bányák víztelenítésére használták itt-ott a középkorban, bár a kései görög időkben más célokat is szolgált.

⁸ Egyik-másik nem esik olyan messze Bacon korától. 1624-ben pld. építettek sikerült tengeralattjárót. De, persze, a modern idők előtt készült tengeralattjárók csak érdekes furcsaságok lehettek.

⁹ Mágikus hiedelmek természetesen évszázadokon át fennmaradtak, de nekünk az a célunk, hogy az új, pozitív, haladó irányzatot hangsúlyozzuk.

¹⁰ A tizenötödik században egyes jellegzetes városok lélekszáma: Párizs 300.000, Velence 190.000, Brügge 100.000. Prága 100.000. London 35.000.

¹¹ London népe a Metropolitan Water Board (magyarul: Fővárosi Vízművek Igazgatósága) útján még ma is fizet évente 3.750 fontot Morice örököseinek és végrendelete végrehajtóinak, pedig azokat a szivattyúkat már 150 esztendővel ezelőtt szemé' re dobták.

¹² Ebből fejlődött ki Hoe találmánya, a modern rotációs gép, 1845-ben.

¹³ Jobb képet nyerünk az ipari változásoknak a népesség létszámára való hatásáról, ha a lélekszám növekedésének évi átlagát különböző korszakokban hasonlítjuk össze. 1483 és 1700 között az átlagos évi szapo-

mulat 1000 emberre 0.7; 1700 és 1750 között 3.3 volt. 1750 és 1811 között pedig, mikor az ipari forradalom hatásai jobban kezdtek mutatkozni, gyorsan 8.5 és 1811-től 1851-ig 12.8-re emelkedett.

¹⁴ A fogaskerékáttételek arra vallanak, hogy már Branca-nak volt valami halvány fogalma a turbinánál fellépő, nagy sebességekről.

¹⁵ Német és amerikai közleményekből kivehetjük, hogy a kartell hogyan emelte a wolframkarbid árát az 1927—28. évi fontonkint (kb. 45 dkg) 50 dolláros színvonalról 453 dollárra és aztán 200 dolláros nivó felett tartotta, míg 1942-ben egy trösztellenes vádirat után az ára ismét leesett és 27 és 45 dollár között ingadozott.

¹⁶ Sokkal korábbi példa természetesen az elektromos távíró, melyet 1870-ben államosítani kellett a magas díjak miatt és mert a távírótársaságok a közöniséget rosszul, megbízhatatlanul szolgálták ki. Mikor az állami postahivatal átvette a szolgálatot, a távíróforgalom öt év alatt megháromszorozódott és a technikai berendezés ugrásszerűen tökéletesedett.

¹⁷ Ezek a számok nem mutatják a fejlődés rendkívüli egyenetlenségét. A kis farmokon dolgozó nagy tömegnek nem volt haszna a gépesítésből. Csak körülbelül minden hatodik gazdaságnak volt traktora, s ezzel szemben minden ötödik még állati munkaerővel sem rendelkezett.

¹⁸ Gázturbinával működő áramfejlesztő 6000 kilowatt teljesítményig a háború előtt néhány évig üzemben volt az amerikai olajmezőkön. De ez különálló eset, mert ott olcsó üzemanyag állt rendelkezésre.

¹⁹ Már a könyv sajtó alatt volt, mikor hallottam Escher Wyss „aerodinamikus“ turbinájáról. Ez háborús találmány, amely úgy látszik nagyon kielégítő eredménnyel működik. Nagyüzemekben 45 százalékos hatásfokot ígér. E pillanatban nagyon valószínűnek kell tartanunk, hogy ez a turbinatípus néhány év alatt nagymértékben kiszorítja a gőzturbinát.

²⁰ „Elektronika“ az a tudomány, amely olyan gépekkel, készülékekkel foglalkozik, amelyek működése elektronokkal való manipuláción alapszik, mint pld. az elektroncső, a fotocella stb. Ha az olvasó figyelemmel kíséri ezt a fejezetet, észreveszi, hogy míg az elektronika alapvető elveit 1918 előtt felfedezték, azok messzeágazó kifejlődése és alkalmazása a két háború közti időben járult hozzá a legnagyobb mértékben a gépek történetéhez. Eddig még nem fordult elő, hogy az alap-

vető törvényekkel foglalkozó tudós ilyen sokkal nagyobb szerepet játszott volna a fejlődésben, mint az alkalmazott tudománnyal foglalkozó tudós vagy mérnök.

²¹ Igazság szerint nemcsak a szerszámokat és a gépeket kellene számításba vennünk, melyekről itt szó van, hanem a különböző technikákat, a mezőgazdasági vegyi stb. eljárásokat is. Mivel azonban a fejlődése nagyjából párhuzamosan haladt a mechanikai dolgokéval és ez utóbbiak egész a jelen időkig fontosságukat tekintve rendszerint felülmúlták amazokat, nem követhetünk el hibát, ha csak a szerszámoknak és gépeknek a társadalomhoz való viszonyát vesszük tekintetbe.

TARTALOM

(Megjegyzés: A zárójelbe tett számok csak nagyjából jelzik az időszakot, melyről a fejezetben szó van. Csaknem minden fejezetben találunk korábbi vagy későbbi korszakba tartozó anyagot is.)

I. Az első ipari forradalom (Kr. e. 3000-ig) . . .	5
II. Az első civilizációk (Kr. e. 3000-től 1100-ig) .	15
III. A vas, a demokratikus fém (Kr. e. 1100-tól Kr. u. 500-ig)	29
IV. A második ipari forradalom. Embrió korszak. (500—1440)	48
V. A második ipari forradalom. Gyermekkor. (1440—1660)	67
VI. A második ipari forradalom. Ifjúkor. (1660—1815)	86
VII. A második ipari forradalom. Érettség kora. (1815—1918)	112
VIII. Anyagok, gépszerszámok és termelési módszerek 1918 előtt	152
IX. A két háború között (1918—1939)	171
X. A második világháború (1939—1945)	204
XI. Visszapillantás és összefoglalás	227
Függelék: A relatív feltalálási arányszám	262
Jegyzetek	289

TUDOMÁNY ÉS HALADÁS

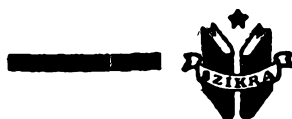
A Szikra nagysikerű könyvsorozata

Minden kötete egy-egy magyar vagy külföldi tudós alapvető munkáját tartalmazza, közérthető előadásban

1. Rudas László : **Marxizmus és természettudomány**
2. Marcel Prenant : **Darwin**
3. Andics Erzsébet : **Munkásosztály és nemzet**
4. Georges Sadoul : **Az atom titka és hatalma**
5. Molnár Erik : **A szocializmus történetéből**
6. J. B. Haldane : **A marxizmus filozófiája és a tudományok**
7. Szabó Árpád : **Sokrates és Athén**
8. Sz. I. Vavilov : **Isaac Newton**
9. Alexits - Fenyő : **Matematika és dialektikus materializmus**
10. N. A. Dobroljubov : **Orosz realizmus (Goncsarov, Turgényev és Osztrovszkij)**
11. James S. Allen : **A monopolkapitalizmus és a béke**
12. Ch. Hill : **Az angol forradalom 1640.**
13. Thomson-Klingender : **Marxizmus, költészet, művészet**
14. Clark : **A vadembertől a civilizációig**
15. Labérenne : **A világok keletkezése**
16. Politzer : **A filozófia alapelemei**
18. M. Cornforth : **Tudomány az idealizmus ellen**
19. Timirjázev : **Mi a darwinizmus?**
20. F. Konsztantinov : **Az egyéniség és a tömegek szerepe a történelemben**
21. T. D. Liszenko : **A biológiai tudomány állásáról**
22. Albert Soboul : **A francia forradalom 1789—1799**
23. S. Lilley : **A történelem, az ember és a gépek**
24. Lukács György : **Marx és Engels irodalomelmélete**
25. M. Thorez : **Tanulmányok a francia forradalomról (1789)**

ELŐKÉSZÜLETBEN:

17. M. Prenant : **Biológia és marxizmus**



S Z I K R A K I A D Á S